



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería Industrial
Escuela Profesional de Ingeniería Textil y Confecciones

**Mejora de procesos en el área de tintorería utilizando
la metodología DBR en una empresa textil localizada
en Lima – Perú**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniera Textil y
Confecciones

AUTOR

Silvana Alicia Gabriela CANDIOTTI QUISPE

ASESOR

Fernando NORIEGA BARDALEZ

Lima, Perú

2017



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Candiotti, S. (2017). *Mejora de procesos en el área de tintorería utilizando la metodología DBR en una empresa textil localizada en Lima – Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Profesional de Ingeniería Textil y Confecciones]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

1000
361
9(e)
191

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ACTA N°051-DAcad-FII-2017

SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA TEXTIL Y CONFECCIONES

El Jurado designado por la Facultad de Ingeniería Industrial, reunido en acto público en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Industrial, el día **viernes 11 de Agosto de 2017**, a las 17:00 horas, dio inicio a la sustentación de la tesis:

“MEJORA DE PROCESOS EN EL ÁREA DE TINTORERÍA UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DBR EN UNA EMPRESA TEXTIL LOCALIZADA EN LIMA-PERÚ”


Que presenta la Bachiller:

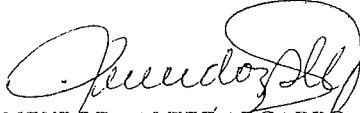
CANDIOTTI QUISPE, SILVANA ALICIA GABRIELA


Para optar el Título Profesional de Ingeniera Textil y Confecciones en la Modalidad: **Ordinaria.**

Luego de la exposición, absueltas las preguntas del Jurado y siendo las 18:10 PM horas se procedió a la evaluación secreta, habiendo sido APROBADO por UNANIMIDAD con la calificación promedio de DIECIOCHO (18), lo cual se comunicó públicamente.

Ciudad Universitaria, 11 de Agosto del 2017


ING. BARREDÁ DE MIRANDA NANCY ELIZABETH
Presidente


ING. MENDOZA ALTEZ ADGARDO AURELIO
Miembro


EVANGELISTA YZAGUIRRE LUIS ANTONIO
Miembro


MG. NORIEGA BARDALEZ FERNANDO
Asesor

RESUMEN

El estudio realizado tiene como objetivo reducir costos de producción, optimizar la programación de lotes de tela acabada y controlar los indicadores de producción a fin de que se pueda evitar las penalidades que imponen los clientes por no cumplir la entrega del producto en la fecha pactada.

Con ese fin en el primer capítulo se detalla las bases teóricas de herramientas estadísticas y conceptos fundamentales de las metodologías para una correcta y clara aplicación, así como también se profundiza los conceptos de la “Teoría de restricciones” que es el fondo del estudio.

El segundo capítulo describe la naturaleza de la empresa en estudio, la competencia básica así como las especificaciones de las áreas con sus respectivos procesos, sin dejar de lado las materias y productos que se elaboran.

El tercer capítulo detalla la organización del área en estudio e investigar la situación en la que se encuentra, extraer los datos para analizarlos y luego encontrar un diagnóstico a los problemas encontrados.

En el cuarto capítulo se evalúan las causas del problema encontrado y en base a ello se plantean propuestas de solución, que después de todo es la aplicación procedimental de la teoría de restricciones.

Como quinto y último capítulo se cuantifica técnica y económicamente los resultados obtenidos después de la aplicación de las propuestas, es en este ámbito donde se constata el ahorro obtenido proyectado anualmente.

Finalmente se concluye que aplicando correctamente la metodología DBR se logra incrementar en un 13.39% de eficiencia y un ahorro de S/. 25,579 al año; y se recomienda aplicar la TOC en diferentes ámbitos dentro de la gestión empresarial.

INDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS	iv
INDICE DE GRÁFICOS	vi
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1 – MARCO TEÓRICO.....	2
1.1. ¿Qué es la productividad?	2
1.2. Registro de operaciones	3
1.2.1. Diagrama de operaciones.....	3
1.3. Análisis de Pareto	4
1.4. La cadena crítica	6
1.4.1. Tipos de buffer.....	7
1.5. Teoría de Restricciones	7
1.5.1. Metodología DBR.....	8
1.6. Single Minute Exchange Of Die (SMED)	8
CAPITULO 2 – DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	10
2.1. Historia	10
2.1.1. Quienes somos	10
2.1.2. Misión	11
2.1.3. Visión	11
2.2. Estados Financieros	11
2.2.1. Ingresos anuales	12
2.3. Personal calificado	13
2.3.1. Organigrama general	14
2.4. Política de calidad	14
2.5. Materia prima	15

2.5.1. Algodón tangüis	15
2.5.2. Algodón pima	15
2.6. Certificaciones	15
2.7. Productos	16
2.7.1. Hilados	16
2.7.2. Tejidos	16
2.8. Proceso fabril	17
2.8.1. Pre-producción	17
2.8.2. Producción	17
2.8.2.1. Hilatura	17
2.8.2.2. Tejeduría	18
2.8.2.3. Tintorería y acabados	18
CAPITULO 3 – PROCESO DE TINTORERÍA	19
3.1. Organigrama del área	19
3.2. Estructura organizacional	20
3.2.1 Principales funciones de los puestos de trabajo	20
3.3. Descripción actual del área tintorería	22
3.3.1 Descripción del proceso	22
3.3.1.1. Zona de preparado	23
3.3.1.2. Zona de teñido	25
3.3.1.3. Zona de acabado	28
3.4. Situación actual del proceso	33
3.4.1. Rutas de producción.....	34
3.4.2. Rutas críticas.....	38
3.4.3. Capacidades de máquinas	40

3.5. Inventario en proceso	41
3.6. Analisis de diagnostico de la situación actual	43
3.6.1. Análisis de rutas de producción	43
3.6.2. Costo de manufactura actual	46
CAPITULO 4 – PROPUESTA DE SOLUCIÓN	48
4.1. Aplicación de la teoría de restricciones	48
4.1.1. Identificar las restricciones del sistema	48
4.1.2. Definir como explotar el cuello de botella.....	54
4.1.2.1. Limpieza de máquina.....	56
4.1.2.2. Cambio de baño	59
4.1.2.3. Preparación de la máquina.....	62
4.1.2.4. Reparación mecánica	67
4.1.3. Subordinar todo a la restricción anterior.....	70
4.1.3.1. Identificación de elementos DBR	71
4.1.4. Elevar el cuello de botella.....	81
4.1.4.1. Planeamiento y control de la producción.....	82
CAPITULO 5 – EVALUACION TÉCNICO - ECONÓMICO.....	84
5.1. Medición de la mejora implementada.....	84
5.1.1. Análisis de la eficiencia inicial	84
5.1.2. Incremento de eficiencia por mejora en paro de máquina	86
5.1.2.1. Limpieza de máquina.....	87
5.1.2.2. Cambio de baño	87
5.1.2.3. Preparación de la máquina.....	89
5.1.2.4. Reparación mecánica	90
5.1.2.5. Resumen de incremento de eficiencia	91

5.2. Análisis de costos.....	93
5.2.1. Costo de manufactura proyectado.....	93
5.3. Resumen de resultados.....	97
CONCLUSIONES	99
RECOMENDACIONES.....	100
BIBLIOGRAFÍA	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Descripción de simbologías	3
Tabla 2.1. Datos financieros de interés	12
Tabla 2.2. Ingresos anuales	12
Tabla 2.3. Personal contratado.....	13
Tabla 3.1. Distribución de zonas para cada tipo de tela.....	22
Tabla 3.2. Descripción del proceso de preparado	25
Tabla 3.3. Descripción del proceso de teñido	27
Tabla 3.4. Descripción del proceso de acabado.....	29
Tabla 3.5. Máquinas y procesos.....	30
Tabla 3.6. Rutas de preparado – Segmento A.....	35
Tabla 3.7. Rutas de teñido – Segmento A.....	36
Tabla 3.8. Rutas de acabado – Segmento A.....	37
Tabla 3.9. Velocidades de las máquinas	41
Tabla 3.10. Informe de costo de manufactura mensual	46
Tabla 4.1. Velocidades de las máquinas específicas.....	50
Tabla 4.2. Máquinas de mayor demanda	51
Tabla 4.3. Distribución de estaciones de reposo	53
Tabla 4.4. Motivos de paro de la lavadora.....	55
Tabla 4.5. Horas de paro mensual segmentado.....	56
Tabla 4.6. Condición actual de limpieza de máquina	57
Tabla 4.7. Condiciones de condiciones implementadas por limpieza de máquina.....	58
Tabla 4.8. Condición actual de cambio de baño	60
Tabla 4.9. Comparación de condiciones implementadas por cambio de baño	61
Tabla 4.10. Condición actual de preparación de la máquina	63

Tabla 4.11. Comparación de condiciones implementadas por preparación de la máquina	66
Tabla 4.12. Condición actual de reparación mecánica	68
Tabla 4.13. Programa de mantenimiento preventivo	68
Tabla 4.14. Condición actual de reparación mecánica	69
Tabla 4.15. Resumen de buffer por rutas	79
Tabla 4.16. Consumo porcentual de buffer por rutas	82
Tabla 4.17. Programa de producción mensual	83
Tabla 5.1. Pérdida de eficiencia por motivo de paro	85
Tabla 5.2. Comparación de lead time de buffers (días)	93
Tabla 5.3. Descripción de variación de costos	95
Tabla 5.4. Informe de costos de manufactura mensual proyectado	96
Tabla 5.5. Comparativo de resultados técnicos	97
Tabla 5.6. Comparativo de resultados económicos	98

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1. Organigrama general	14
Gráfico 3.1. Organigrama del área.....	19
Gráfico 3.2. Zonas de tintorería	23
Gráfico 3.3. Diagrama de operaciones del proceso de preparado de tela cruda	24
Gráfico 3.4. Diagrama de operaciones del proceso de teñido de tela preparada	26
Gráfico 3.5. Diagrama de operaciones del proceso de acabado tela teñida	28
Gráfico 3.6. Producción semestral del área de tintorería octubre – marzo	34
Gráfico 3.7. Segmentación “ABC” de rutas de preparado	35
Gráfico 3.8. Segmentación “ABC” de rutas de teñido	36
Gráfico 3.9. Segmentación “ABC” de rutas de acabado	37
Gráfico 3.10. Ruta de proceso de preparado	38
Gráfico 3.11. Rutas de proceso de teñido	38
Gráfico 3.12. Rutas de proceso de acabado	39
Gráfico 3.13. Porcentaje de utilización de cada máquina	40
Gráfico 3.14. Comparación del inventario en producción con el cumplimiento en la fecha programada	42
Gráfico 3.15. Comparación del inventario de producción, cumplimiento en la fecha programada y adelantos	43
Gráfico 3.16. Rutas críticas de proceso preparado	44
Gráfico 3.17. Rutas críticas de proceso teñido	44
Gráfico 3.18. Rutas críticas de proceso acabado	45
Gráfico 4.1. Horas de paro mensual de la lavadora	54
Gráfico 4.2. Horas de paro mensual de la lavadora por limpieza de máquina	57
Gráfico 4.3. Horas de paro mensual de la lavadora por limpieza de máquina proyectada	59

Gráfico 4.4. Horas de paro mensual de la lavadora por cambio de baño	60
Gráfico 4.5. Horas de paro mensual de la lavadora por cambio de baño proyectado	62
Gráfico 4.6. Horas de paro mensual de la lavadora por preparación de la maquina	63
Gráfico 4.7. Actividades de preparación de máquina	64
Gráfico 4.8. Identificación de actividades externas e internas	64
Gráfico 4.9. Reestructuración de actividades externas e internas	65
Gráfico 4.10. Actividades después del cambio de baño	65
Gráfico 4.11. Horas de paro mensual de la lavadora por preparación de máquina proyectado	66
Gráfico 4.12. Horas de paro mensual de la lavadora por reparación mecánica	67
Gráfico 4.13. Horas de paro mensual de la lavadora por reparación mecánica proyectado	70
Gráfico 4.14. Rutas críticas a programar	72
Gráfico 4.15. Días en llegar la tela a la lavadora (por ruta).....	73
Gráfico 4.16. Rutas de operaciones antes del tambor	74
Gráfico 4.17. Rutas de operaciones con protección individual	75
Gráfico 4.18. Rutas de operaciones con protección general	77
Gráfico 4.19. Implementación del buffer por ruta	78
Gráfico 4.20. Consumo porcentual del amortiguador	80
Gráfico 5.1. Eficiencia de la máquina lavadora Octubre – Marzo	85
Gráfico 5.2. Línea base lavadora Octubre – Marzo	86
Gráfico 5.3. Reducción de porcentaje de paro por limpieza de máquina	87
Gráfico 5.4. Reducción de porcentaje de paro por cambio de baño	88
Gráfico 5.5. Reducción de porcentaje de paro por preparación de la máquina	89
Gráfico 5.6. Reducción de porcentaje de paro por reparación mecánica	90
Gráfico 5.7. Comparación de eficiencias	91

Gráfico 5.8. Reducción del lead time de producción92

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la competitividad en el mercado textil hace que las exigencias sean cada vez más altas, en aspectos como la excelente calidad del producto, entrega de los pedidos a tiempo, altas eficiencias y mínimos lead time.

En los últimos años, la cancelación de pedidos y penalidades para la empresa ocasionada por la entrega de pedidos fuera del plazo acordado, se presenta con mayor frecuencia siendo éste el problema principal. Asimismo, se tienen problemas específicos como reprocesos, elevado inventarios de productos en proceso y cuellos de botella que genera altos lead time.

El presente estudio tiene mucha importancia ya que se realiza en el área de tintorería que es el área productiva de mayor impacto dentro de la empresa textil y tiene como objetivo principal optimizar el tiempo de entrega de la tela teñida en las condiciones y especificaciones establecidas por el cliente.

Se plantea la hipótesis que mejorando procesos de la cadena productiva y de distribución conllevará a obtener un eficiente tiempo de entrega. Para poder realizar estos cambios, se analizó la situación inicial del área y la recopilación de datos los cuales fueron sintetizados y desarrollados considerando parámetros de tiempo de procesamiento, producción inicial, máquinas de producción, etc.

Posteriormente se realiza un diagnóstico del sistema donde se aplicará la metodología DBR (*Drum-Buffer-Rope*) de la “Teoría de Restricciones” (TOC). Esta metodología considera la identificación del cuello de botella, tiempos de protección de la programación y la aplicación de herramientas Lean Manufacturing.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se describe cada herramienta de mejora de manera conceptual que ayudarán a cuantificar datos, diagnósticos de problema y planteamientos de soluciones. Asimismo, se indicará el procedimiento correcto de métodos que se aplicaran a lo largo del estudio.

1.1. ¿QUÉ ES LA PRODUCTIVIDAD?

La productividad es la relación entre producción e insumo.

Esta definición puede aplicar a una industria, un sector de actividad económica o en cualquier ámbito de la empresa. Si bien es cierto esto parece algo simple siempre y cuando el producto y el insumo sean tangibles y pueden cuantificarse sencillamente, sin embargo, resulta un poco más complejo de calcular en el momento que se refieren a bienes intangibles.

Para poder mostrar la gran importancia en diferentes aspectos, se muestra un ejemplo a continuación.

Inicialmente se producen 25,000 Kg. de hilo al mes utilizando una continua de anillos y con 2 turnos de trabajo al día.

Suponiendo que después de un cambio en la forma de trabajar se puede producir 32,000 Kg. de hilo al mes con la misma máquina y con la misma cantidad de turnos. En este escenario la productividad se incrementó en 28%.

Imaginando que de los 32,000 Kg. el precio se redujo de 2.00 \$/Kg. a 1.80 \$/Kg. se puede cuantificar monetariamente adicionalmente al número de Kg. Al inicio se podría deducir que el precio del producto solía ser $25,000 \text{ Kg.} \times 2.00 \frac{\$}{\text{Kg.}} = 50,000\$$ al mes y ahora es de $32,000 \text{ Kg.} \times 1.80 \frac{\$}{\text{Kg.}} = 57,600\$$ al mes.

Si el insumo no cambió ni los turnos de trabajo, el aumento de productividad es

$$\frac{\$(57,600-50,000)}{\$50,000} = 15.2\%$$

En este sencillo ejemplo se muestra a la productividad desde dos enfoques diferentes, tanto en incremento de producción al mes como en el incremento de ingresos en el mismo periodo.

1.2. REGISTRO DE OPERACIONES



Dentro del estudio se tiene la necesidad de registrar cada operación para poder cuantificar los datos que ésta mide. La exactitud en el registro de cada movimiento será clave para tener el éxito en la medición ya que servirá para analizar críticamente la situación.





Entre las técnicas más utilizadas para realizar este tipo de medición se tiene al diagrama de operaciones.

1.2.1. Diagrama de Operaciones (DOP)

Para poder plasmar cada operación o movimiento dentro del diagrama, existen diversas simbologías que hará referencia a un tipo de actividad específicamente. Estas simbologías hacen que la lectura de los sucesos observados sea fácilmente de entender.

Tabla 1.1. Descripción de simbologías

SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
Operación 	Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento. Por lo común, la pieza, materia o producto del caso se modifica o cambia durante la operación.
Inspección 	Indica la inspección de la calidad y/o la verificación de la cantidad

Transporte 	Indica el movimiento de los trabajadores, materiales y equipo de un lugar a otro.
Deposito provisional o espera 	Indica demora en el desarrollo de los hechos: por ejemplo, trabajo en suspenso entre dos operaciones sucesivas, o abandono momentáneo, no registrado, de cualquier objeto hasta que se necesite.
Almacenamiento permanente 	Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén donde se lo recibe o entrega mediante alguna forma de autorización o donde se guarda con fines de referencia.
Actividades combinadas 	Cuando se desea indicar que varias actividades son ejecutadas al mismo tiempo o por el mismo operario en un mismo lugar de trabajo, se combina símbolos de tales actividades.

Fuente: Oficina Internacional del Trabajo (1980)

Son las simbologías que se utilizara a lo largo del trabajo para realizar los diagramas de operaciones de los procesos a evaluar.

1.3. ANÁLISIS DE PARETO

Los problemas en la calidad que existen dentro de una empresa son ocasionados por diversas causas, pero no siempre se pueden solucionar todas. Entonces para saber que cuales se tiene que atacar se necesita identificarlas.

Para ello se necesita seguir los siguientes pasos:

“Paso 1. Decidir qué problemas se van a investigar y como recoger los datos.

- 1) Decida qué problema usted quiere investigar. Ejemplo: Objetos defectuosos, perdidas en términos monetarios, ocurrencia de accidentes.
- 2) Decida qué datos va a utilizar y como clasificarlos. Ejemplo: Por tipo de defecto, localización, proceso, máquina, trabajador, método. Nota: Resuma los ítems que se presentan con menor frecuencia en la categoría “otros”
- 3) Defina el método de recolección de los datos y el periodo de duración de la recolección. Nota: Se aconseja utilizar un formato de investigación.

Paso 2. Diseñe una tabla para conteo de datos, con espacio suficiente para registrar los totales

Tabla 3.1. Tabla para conteo de datos

Tipo de defecto	Conteo	Total
Fractura	/// ///	10
Rayado	/// ///.../// //	42
Mancha	/// ///	6
Tensión	/// /// ...	104
Rajadura	...	4
Burbuja	...	20
Otros	...	14
Total		200

Paso 3. Diligencie la tabla de conteo y calcule los totales

Paso 4. Elabore una tabla de datos para el diagrama de Pareto con la lista de ítems, los totales individuales, los totales acumulados, la composición porcentual y los porcentajes acumulados

Paso 5. Organice los ítems por orden de cantidad y llene la tabla de datos. Nota: el ítem “otros” debe ubicarse en el último renglón, independientemente de su magnitud. Esto se debe a que está compuesto por un grupo de ítems, cada uno de los cuales es más pequeño que el menor de los ítems citados individualmente.

Paso 6. Dibuje dos ejes verticales y un eje horizontal

1) Ejes verticales

a) Eje izquierdo. Marque este eje con una escala desde 0 hasta el total general

Tabla 3.2. Tabla de datos para un diagrama de Pareto

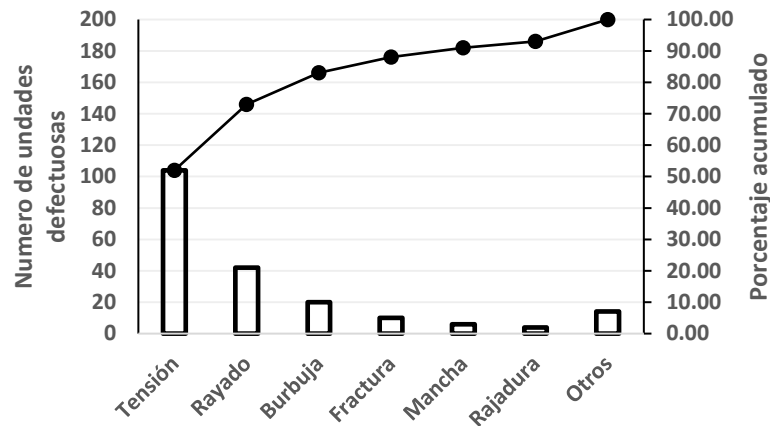
Tipo de defecto	Total	Total acumulado	Composición porcentual	Porcentaje acumulado
Tensión	104	104	52	52
Rayado	42	146	21	73
Burbuja	20	166	10	83
Fractura	10	176	5	88
Mancha	6	182	3	91
Rajadura	4	186	2	93
Otros	14	200	7	100
Total	200	--	100	--

b) Eje derecho. Marque este eje con una escala desde 0% hasta 100%

c) Eje horizontal. Divida este eje en un número de intervalos igual al número de ítems clasificados

Paso 7. Construya un diagrama de barras

Paso 8. Dibuje la curva acumulada (curva de Pareto). Marque los valores acumulados (total acumulados o porcentaje acumulado) en la parte superior, al lado derecho de los intervalos de cada ítem, y conecte los puntos con una línea continua.



Paso 9. Escriba en el diagrama cualquier información necesaria.

- 1) Información sobre el diagrama. Títulos, cifras significativas, unidades, nombre del dibujante.
- 2) Información sobre los datos. Periodo de tiempo, tema y lugar de la investigación, número total de datos.”¹

Luego de realizar el diagrama se demuestra que el 20% de las causas originan el 80% de los problemas.

1.4. LA CADENA CRITICA

Dentro del sistema productivo en una empresa se tiene diversos factores que determinan el éxito o fracaso del proyecto. Estos factores hacen que exista una incertidumbre en el éxito de ésta, pudiendo ser mayor o menor, pero existe. El objetivo de la metodología de la cadena crítica es reducir la incertidumbre de fracaso determinando así la cadena crítica donde cada recurso que se le suministre esté disponible cuando esta lo necesite, también es necesario

¹ Kume, Hitoshi. **Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad**, pág. 20-23

Establecer buffers de seguridad que absorban cualquier imprevisto que se pueda suscitar de manera que garantice la entrega de recursos a la cadena crítica en el tiempo previsto.

1.4.1. Tipos de Buffer

Dentro de los tipos de buffer se tienen los más importantes:

- “Buffer de proyecto (PB) (Project buffer): se añade al final de la cadena crítica (por tanto, al final del proyecto) para compensar posibles desviaciones asociadas a las actividades que la forman
- Buffer de alimentación (FB) (Feeding Buffer): se añade al final de las actividades o cadenas de actividades que no forman parte de la cadena crítica para tener en cuenta, eventualmente compensar, sus desviaciones
- Buffer de recurso (RB) (Resource Buffer): se añade en el punto del cronograma donde un recurso participa en la cadena crítica. Permite cubrir las eventualidades (retrasos, movilización) en el momento de la transferencia de una actividad entre recursos.”²

1.5. TEORIA DE RESTRICCIONES (TOC)

Se sabe claramente que la meta de cualquier empresa es ganar dinero, bajo cualquier enfoque, sin embargo, existen limitaciones que hacen lejana esa meta y muchas de esas limitaciones o restricciones están dentro del sistema productivo otras son factores externos. En la “teoría de restricciones”³, Goldratt plantea una serie de pasos para despejar estas restricciones de la manera más eficiente.

² Camins OpenCourseWare (2012-13)

³Goldratt, E. **Theory of Constraints**

1.5.1. Metodología DBR

La metodología DBR (Drum, Buffer, Rope) sintetiza los 5 pasos fundamentales de la teoría de restricciones:

- a) Identificar el cuello de botella: Es el recurso de capacidad limitada ya sea el proceso con mayor tiempo de producción, el que tiene mayor inventario a procesar, etc.
- b) Decidir cómo explotar el cuello de botella: El flujo de producción está determinado por el ritmo del cuello de botella por lo tanto es imprescindible mantener funcionando siempre esta máquina a toda costa.
- c) Subordinar todo a la decisión anterior: Debido a que el sistema limita la producción de todo el sistema, no se puede enviar a producir más de su capacidad. La mejor manera de garantizar la fluidez del proceso es programar primero el cuello de botella.
- d) Elevar el cuello de botella: Para poder incrementar la producción en el sistema es necesario aumentar la capacidad de cuello de botella. Esto se puede conseguir de diferentes formas: Mejorando la eficiencia, evitando reprocesos, tercerizando procesos, programando lo necesario, etc.
- e) Si se eliminó el cuello de botella, volver al primer paso: Si luego de implementar las mejoras propuestas se logra incrementar la capacidad del cuello de botella ya no es necesario seguir mejorando esa restricción, se debe volver al primer paso para identificar otro cuello de botella. Esta metodología busca realizar una mejora continua ya que es un bucle que no tiene fin.

1.6. SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE (SMED)

La metodología SMED es una herramienta en Lean Manufacturing que introdujo Shingeo Shingo como contribución al sistema de producción de Toyota. Este concepto propone reducir el

tiempo de cambio de una matriz y de esta manera aumentar la capacidad del equipo o máquina. Se presenta a continuación el procedimiento de aplicación de la metodología:

- a) Estudio de la operación de cambio: Se realiza un análisis detallado del proceso inicial de cambio con las siguientes actividades: registrar los tiempos de cambio y estudiar las condiciones actuales del cambio.
- b) Separar tareas internas y externas: Las actividades internas y externas son las que se realizan durante el paro de la máquina y las que se realizan con la maquina en marcha, respectivamente. Previamente se tiene que hacer el listado de todos los pasos, piezas y herramientas que se utilizaran.
- c) Convertir las tareas internas en externas: En este paso se prepara todo lo necesario que estén fuera del funcionamiento de la máquina de tal manera que cuando la maquina pare, todo (en lo posible) esté listo para ejecutar el cambio.
- d) Perfeccionar las tareas internas y externas: Cada operación realizada, sea internas o externa se pueden mejorar, reduciéndose aún más.

CAPÍTULO 2: DESCRIPCION DE LA EMPRESA

Se detallará el objeto de la empresa, sus productos, misión, visión, proceso fabril, estados financieros, participación en la bolsa de valores, etc. Así se tendrá una visión macro sobre el rubro donde se realizará el estudio.

2.1. HISTORIA

La empresa es el resultado de una fusión y consolidación de cuatro empresas textiles peruanas, adquiridas por la corporación Cervesur. En 1990 se compró las hilanderías Pimafine, 5 años más tarde, Textil Trujillo- Trutex y en 1997 Credisa. Con esta última adquisición, se les agregaron a las operaciones de hilandería, las de fabricación y acabado de tejido plano y confección de prendas de vestir. El proceso de líneas de algodón se completa en 1999, con la incorporación de Textil El Progreso

2.1.1. Quienes somos

La empresa desarrolla productos “full package”, es decir, desde el desmotado del algodón, pasando por proceso de producción de hilos finos, por el control total del proceso de fabricación de las telas hasta la confección de una amplísima gama de prendas de calidad Premium que son comercializadas en el exterior por marcas de prestigio internacional.

Nuestros creativos, profesionales y técnicos especializados trabajan de la mano con tecnología de avanzada desarrollando productos textiles únicos de altísima calidad para el mundo.

2.1.2. Misión

Somos una empresa textil con líneas de negocio diversificadas y verticalmente integrada.

Trabajamos para satisfacer los estándares de calidad de nuestros clientes, basados en capacidad innovadora, flexibilidad y vocación de servicio, a través de productos diferenciados.

Contamos con un equipo humano especializado, identificado, y comprometido con la empresa, promoviendo el desarrollo de sus competencias.

Orientamos nuestras operaciones a lograr una rentabilidad que permita un crecimiento sostenido.

Promovemos un accionar con responsabilidad social y ambiental.

2.1.3. Visión

Empresa textil totalmente integrada e innovadora, cuya flexibilidad le permite ser referente mundial de productos textiles diversificados de calidad, para reconocida marcas internacionales y propias, orientados al segmento alto, cuyas operaciones eficientes permitan una alta calidad. Con un accionar basado en investigación y desarrollo que les otorga satisfacción y rápida respuesta a sus clientes ofreciendo sus productos a través de distintos canales de distribución y puntos de venta, actuando acorde a las normas de buen gobierno corporativo.

2.2. ESTADOS FINANCIEROS

La empresa mantiene datos relevantes que reafirman la posición sólida en el mercado nacional e internacional.

Tabla 2.1. Datos financieros de interés

Descripción	Unidad	Valor anual
Capital Social de la compañía	Soles	163'194,418.00
Facturación	Soles	244'299,546.00
N° de empleados	Trabajadores	1,432
Cantidades de acciones registradas y en circulación	Unid	163'194,418
Disminución de ventas anuales	%	-5.43

Fuente: BVL

Elaboración Propia

La crisis mundial en el sector textil también afectó el desarrollo de la empresa. Por ello, la disminución en la venta general se redujo en un %5.43.

2.2.1. Ingresos anuales

Los ingresos anuales de la empresa no solo son debido a productos terminados, sino también a la venta de subproductos o materiales reciclados.

Tabla 2.2. Ingresos anuales

	2014	2015	2016
Ventas	S/.	S/.	S/.
Hilado	138'136,314	143'023,598	131'099,362
Tejido	61'615,659	44'707,334	51'614,534
Prendas	55'611,665	59'166,835	52'747,802
Accesorios y otros	883,677	1'088,536	1'038,680
Algodón	4'060,543	2'526,439	24,988
Otros	0	0	49,555
Sub-productos	4'664,013	1'307,030	3'400,659
Pepa de algodón	1'849,950	2'477,848	1'453,303
Servicios en mercado local	3'377,357	4'033,388	2'870,663
Total	270'199,178	258'331,008	244'299,546

Fuente: BVL

En la tabla 2.2. se muestra la cantidad total de ingresos anuales, se puede apreciar una disminución considerable, esto debido a la crisis mundial en el sector textil.

2.3. PERSONAL CALIFICADO

La compañía cuenta con personal calificado para desempeñarse en su puesto de trabajo, así garantiza la calidad del producto.

Tabla 2.3. Personal contratado

N° Trabajadores	Año 2016			Año 2015			Año 2014			Variación (%)	
	Perm.	Event.	Total	Perm.	Event.	Total	Perm.	Event.	Total	2016-2015	2015-2014
Funcionarios	5	0	5	5	0	5	5	0	5	0%	0%
Empleados	115	445	560	113	458	517	123	456	579	-1.93%	1.38%
Obreros	74	793	867	76	814	890	76	930	1006	-2.58%	-11.53%
		Total	1432		Total	1466		Total	1590	-2.32%	-7.80%

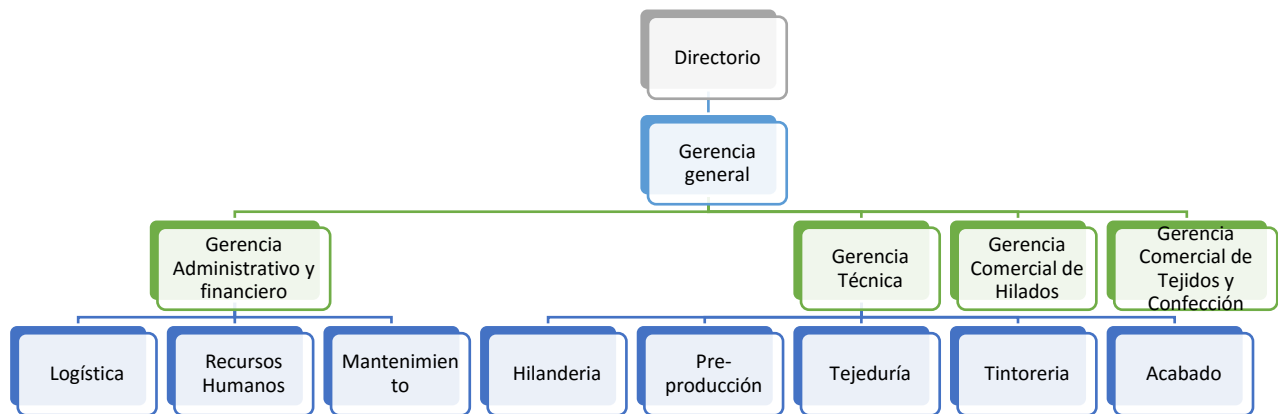
Fuente: BVL

En la Tabla 2.3. se muestra la evolución y comparación de la cantidad de trabajadores por año siendo permanentes o eventuales. Asimismo, se constata que existe una reducción de personal del 2.32% entre el 2015 y 2016.

2.3.1. Organigrama general

Dentro de la organización general de la empresa se tiene el siguiente organigrama.

Grafico 2.1. Organigrama general



Fuente: Elaboración Propia

2.4. POLÍTICA DE CALIDAD

La calidad es interpretar las necesidades y requerimientos de nuestros clientes, estableciendo especificaciones y parámetros de procesos que nos permitan proveerlos de productos que satisfagan e incluso excedan sus expectativas.

Esto se logra gracias a un personal altamente calificado, al uso de materia prima y accesorios selectos, a la innovación de productos y procesos, al empleo de tecnología de punta, que permitan adaptarnos rápidamente a las nuevas necesidades del mercado, respetando el medio ambiente y siendo socialmente responsables.

2.5. MATERIA PRIMA

2.5.1. Algodón Tangüis

Esta fibra, altamente absorbente, es capaz de retener 24 a 27 veces su propio peso. Las prendas elaboradas con algodón Tangüis respiran, pues esta fibra absorbe y libera rápidamente la transpiración. Algodón Tangüis, una de las fibras más finas del mundo.

2.5.2. Algodón Pima

El algodón Pima (*gossypium barbadense*) es originario del Perú y gracias a las excelentes condiciones naturales de los campos de cultivo, ubicados al norte del país; y al sistema de cosechado a mano que no daña la fibra, el algodón Pima se convierte en el mejor algodón del mundo.

Esta fibra posee extraordinarias características de longitud, finura y suavidad; lo que hace posible la producción de hilados uniformes y resistentes destinados a la confección de prendas textiles para los mercados más exigentes del mundo. Sus propiedades: alta resistencia, confort, hipo alérgico, longitud y pureza.

2.6. CERTIFICACIONES

- Business Alliance for Secure Commerce (BASC)
- ISO 9001
- Worldwide Responsible Accredited Production (WRAP)

- Oekotex 100 Clase 2
- Global OrganicTextile (GOTS)

2.7. PRODUCTOS

2.7.1. Hilados

La producción se destina a la fabricación de telas para el abastecimiento de clientes americanos y europeos, así satisfacer la demanda de hilados de los principales exportadores nacionales de prendas de tejido de punto.

Se produce hilados orgánicos bajo la certificación Global Organic Textile Standard (GOTS) en Joint Venture con la empresa Bergman Rivera S.A.C., bajo cuya responsabilidad está el control y certificación de los campos de producción de algodón, de las plantas de producción, así como su distribución y venta.

2.7.2. Tejidos

La planta de tejidos y acabados fabrica aproximadamente 9 millones de metros anuales de finos tejidos de algodón, los cuales se dividen en 2 líneas: Decoración y Prendas de vestir. En esta categoría se produce telas de camisería fina y sport; y telas para pantalones.

Se cuenta con maquinaria de última generación con la que se produce satenes, popelinas, dobbies y driles, entre otras telas en títulos desde 10/1 hasta 160/2.

2.8. PROCESO FABRIL

2.8.1. Pre – Producción

La unidad de Pre-Producción Textil cuenta con sistema de investigación, inspiración, búsqueda de materiales y desarrollo de tejidos que permite atender los requerimientos más exigentes de los clientes ofreciendo tiempos de respuesta acorde a las necesidades actuales.

Utiliza tecnología especializada en sus procesos como WebPDM para Fichas Técnicas, Modaris y Diamino de Lectra para patronaje; y Optiplan para programación y optimización de tizados.

2.8.2. Producción

La actividad productiva se desarrolla en 7 plantas distribuidas a lo largo de la costa peruana:

2 Desmotadoras en Piura y Lambayeque, 2 Hilanderías en Trujillo y Pisco, 1 Planta textil integrada (hilado a tela acabada) en Lima, 1 Planta de confecciones de prendas

Se ubican estratégicamente en la región que concentra el 100% de la producción algodonera, que permite un acceso preferente a los agricultores locales para elegir la mejor materia prima del mercado.

2.8.2.1. Hilatura

Con alrededor de cien mil husos de hilatura, divididos en nuestras plantas de Lima, Trujillo y Pisco, se produce hilos de diferentes tipos: hilados cardados, hilados peinados, hilados compactos, hilados open end e hilados retorcidos y gaseados en rangos de títulos desde el 6/1 inglés hasta el 160/2.

2.8.2.2. Tejeduría.

Se cuenta con las siguientes máquinas: urdido seccional, urdido directo, engomado, remetido automático y telares de aire, proyectil y pinzas para tejer la amplia variedad de tejidos. Es así como seleccionamos la mejor tecnología de tejido/inserción de trama, de acuerdo a las características de cada artículo.

2.8.2.3. Tintorería y acabados.

En la planta de tintorería, estampado y acabados se llevan a cabo los procesos de teñido de hilado, blanqueo y mercerizado de telas, teñidos y estampados, entre otros acabados para las telas de 100% algodón y poliéster-algodón.

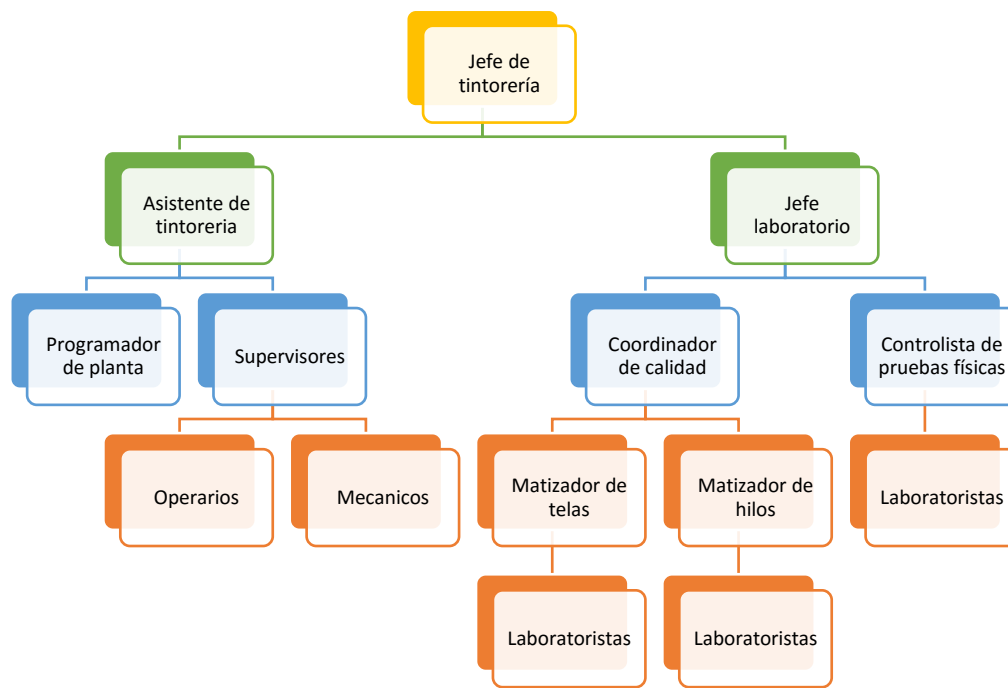
Cabe señalar que esta amplia gama de procesos se realiza con maquinaria adecuada de proveedores de primer nivel; con productos químicos y colorantes de reconocidas casas internacionales, bajo la certificación OEKOTEX100.

CAPÍTULO 3: PROCESO DE TINTORERÍA

En este capítulo se mostrará la organización administrativa con sus principales funciones, también se definirá los procesos de tintorería incluyendo la situación actual en la que se encuentra con posibles problemas de programación y producción.

3.1 ORGANIGRAMA DEL ÁREA

Grafico 3.1. Organigrama del área



Fuente: Elaboración Propia

En el Gráfico 3.1. se muestra los principales puestos de trabajo dentro del área en estudio, dicho personal está capacitado para ejercer con eficacia las funciones encomendadas.

3.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

3.2.1. Principales Funciones de los puestos de trabajo

- Jefe de Tintorería

- Ejecutar y controlar el cumplimiento al plan de producción de tintorería y acabados.
- Generar reportes de producción a Gerencia de Producción y Gerencia General.
- Coordinar con las áreas involucradas en el proceso productivo los cambios y mejoras de

las rutas de procesos.

- Gestionar y participar directamente en la solución de los problemas del día a día en los procesos

- Manejar y solucionar los conflictos que se presenten con el personal y velar por un ambiente en el que las personas puedan desarrollar sus funciones y alcanzar con eficiencia las metas establecidas.

- Las demás funciones que disponga la Gerencia de la compañía.

- Asistente de tintorería

- Supervisar el proceso de teñido
- Administrar el personal operativo.

- Ser el responsable de los procesos adicionales en las máquinas del preparado, teñido y acabados.

- Coordinar con PCP los programas de producción diarios
- Gestionar y reportar oportunamente las novedades

- Garantizar la disponibilidad de los recursos para el oportuno y óptimo cumplimiento de las operaciones del área.

- Jefe de Laboratorio

- Garantizar la máxima eficiencia del área y la reducción de los costos operativos.

- Controlar que se cumplan los estándares técnicos de los procesos

- Asegurar el cumplimiento de las Normas de Calidad.

- Garantizar el cumplimiento de las normas de Seguridad y Salud Ocupacional.

- Requerimiento del personal necesario.

- Coordinar el mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria a su cargo.

- Coordinador de calidad

- Liderar la implementación del sistema de gestión de calidad en todas las operaciones y procesos del laboratorio.

- Elaborar un plan de sensibilización para el cumplimiento del sistema de gestión de calidad, a todas las áreas.

- Programar con el personal de laboratorio reuniones para analizar la causa efecto, identificación de los problemas raíz, las acciones correctivas y planes de mejora continua, para soluciones potenciales. Deficiencias en el resultado de los indicadores de gestión en cada área o proceso.

- Garantiza y asegura el cumplimiento de los requerimientos internos de calidad y así también de los clientes.

- Establecer documentos necesarios para el sistema de gestión de calidad tales como Procedimientos, Registros, Instructivos, Manuales, Documentos auxiliares.

3.3 DESCRIPCIÓN ACTUAL DEL ÁREA TINTORERÍA

3.3.1. Descripción del proceso

La planta de Tintorería se divide en tres áreas principales: la zona de preparado, zona de teñido y la zona de acabado, las cuales procesan la tela en tres turnos al día (24 horas) por causa de la diversidad de tejidos, diseños, dibujos, ligamento que determinaran posteriormente la ruta de procesos que recorrerá el artículo.

Los procesos que recorrerá cada artículo dependerán del tipo de procesos que solicitará el cliente estos pueden ser:

Tabla 3.1. Distribución de zonas para cada tipo de tela

Tipo de tela	Zonas a recorrer		
	Preparado	Teñido	Acabado
Hilo Color	•		•
Blanca	•		•
Teñida	•	•	•

Fuente: Elaboración Propia

Dentro del área se encuentran 13 máquinas que pertenecen tanto al preparado, teñido y acabado; esto dependerá del tipo de proceso que lleve la tela

Grafico 3.2. Zonas de tintorería



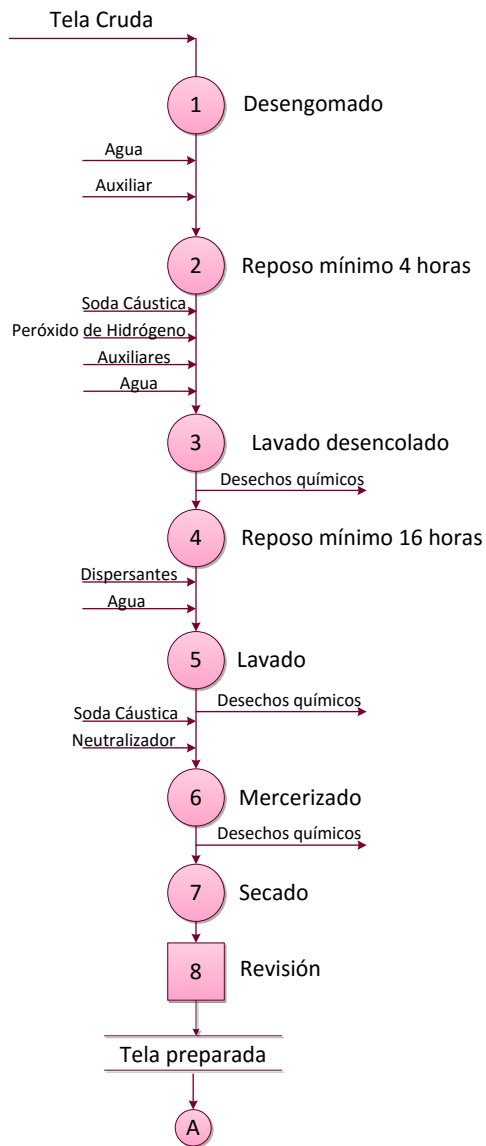
Fuente: Elaboración propia

3.3.1.1. Zona de preparado.

El objetivo del proceso de preparación de la tela cruda consiste en proporcionar condiciones ideales a la tela como es la hidrofiliidad, limpieza y grado de mercerizado; que ayudará a obtener un posterior teñido optimo y uniforme.

En esta zona existen diversas maquinas con diferentes procesos, las cuales está determinada por el tipo de material de la tela, rendimiento y tipo de ligamento.

Grafico 3.3. Diagrama de Operaciones del Proceso de Preparado de tela cruda



Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 3.3. Se muestra el diagrama de operaciones de manera general que recorre un tipo de tela.

Tabla 3.2. Descripción del proceso de preparado

Desengomado	•Consiste en remover el almidón y/o derivados que fueron introducidos en la tela a travez del engomado
Reposo 4 horas	•Durante este tiempo se genera un reaccion que permite la hidrolisis del almidon
Lavado desengomado	•Consiste en eliminar todos los desechos de almidon removidos anteriormente y es sometida a un blanqueo con sustancias quimicas mencionadas
Reposo 16 horas	•Durante en este tiempo se genera la reaccion del peroxido de hidrogeno y la soda caustica para obtener la tela blanca.
Lavado	•Consiste en eliminar todos los desechos quimicos añadidos en los procesos anteriores
Mercerizado	•Consiste en proporcionar a la tela mayor absorcion de colorante
Secado	•Finalmente la tela se seca para su próxima revisión.

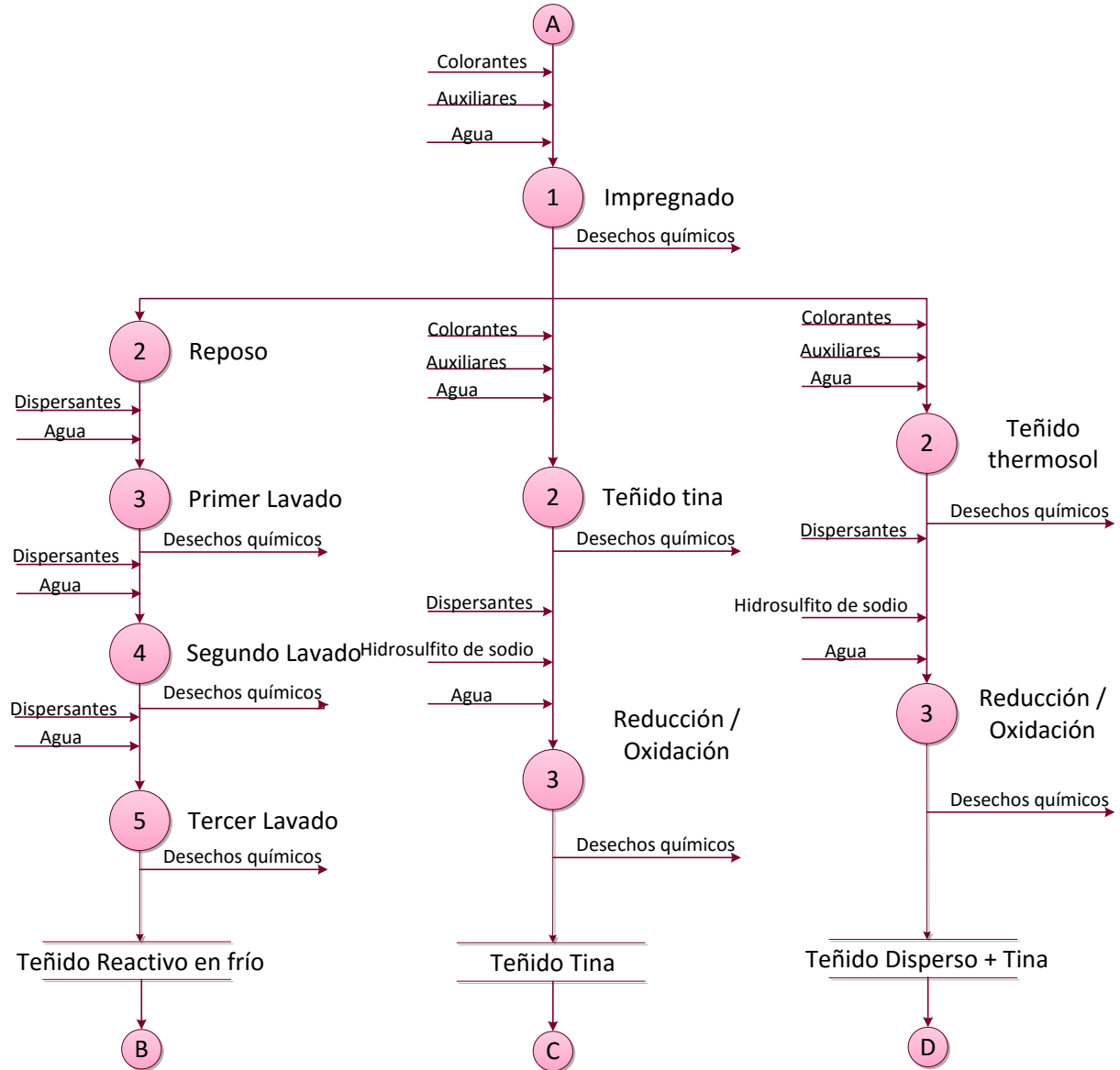
Fuente: Elaboración propia

3.3.1.2. Zona de Teñido.

El teñido se basa en una combinación de productos químicos o en una fuerte afinidad física entre el tinte y la fibra del tejido. Se utiliza una amplia gama de tintes y procesos, según el tejido y acabado que se persigue.

El teñido se lleva a cabo en una maquina en la cual la tela pasa por una solución de tinte en reposo que se prepara disolviendo el polvo del colorante en un producto adecuado y diluyéndolo después en agua.

Grafico 3.4. Diagrama de Operaciones del Proceso de Teñido de tela preparada



Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 3.4. se muestra el diagrama de operaciones de la zona de teñido (continuación de la zona de preparado) de manera general.

Tabla 3.3. Descripción del proceso de teñido

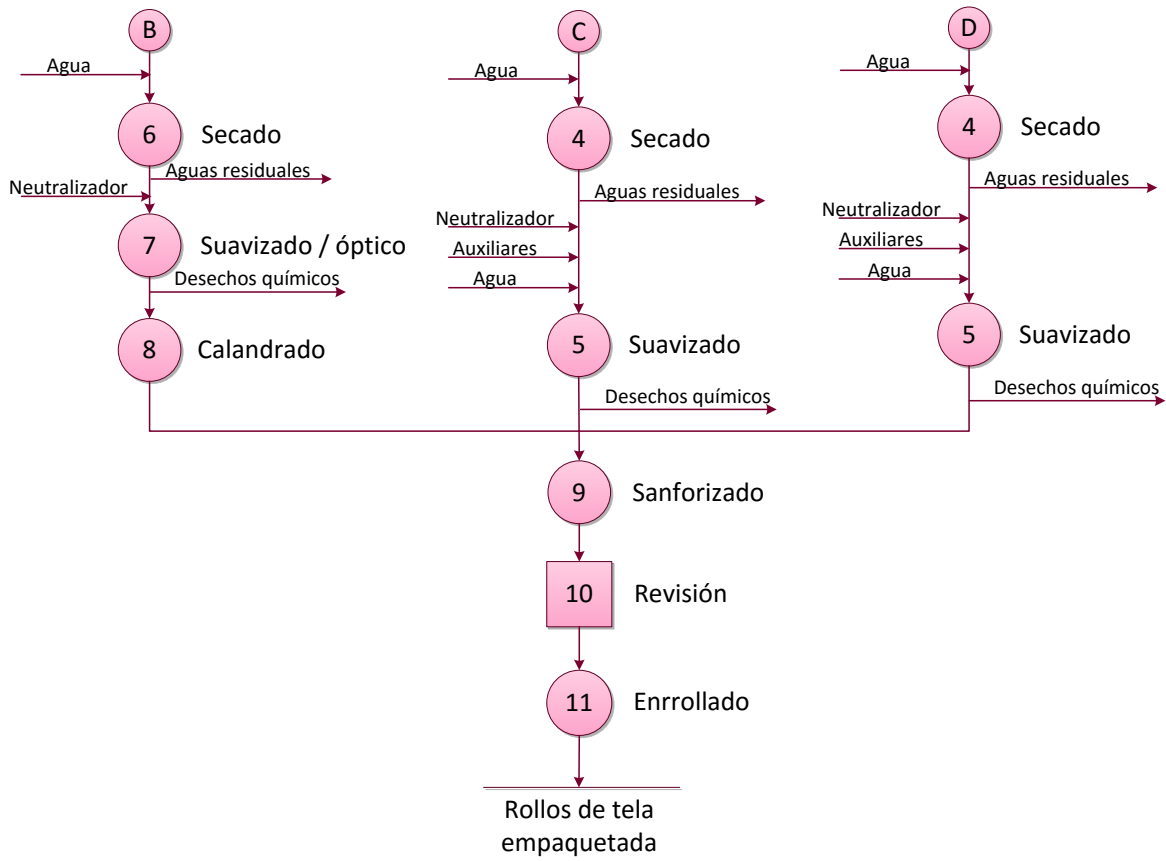
Impregnado	<ul style="list-style-type: none"> • Consiste en impregnar el colorante (tina, reactivo o disperso)
Reposo (B)	<ul style="list-style-type: none"> • Con el tiempo, el colorante impregnado en frío, reacciona con las fibras y se fija en la tela
Lavado (B)	<ul style="list-style-type: none"> • En este proceso se retira el exceso de colorante o también se realiza para la fijación del colorante.
Teñido tina (C)	<ul style="list-style-type: none"> • Consiste en llevar al colorante a un estado leucosoluble y así poder fijarse a la fibra
Reducción / Oxidación (C)	<ul style="list-style-type: none"> • Consiste en modificar la estructura de la fibra para poder fijar el colorante
Teñido thermosol (D)	<ul style="list-style-type: none"> • Impregnación del colorante

Fuente: Elaboración Propia

3.1.1.3. Zona de Acabado

El acabado consiste en modificar su tacto, apariencia o comportamiento, ya que, durante la hilatura, lavado y teñido las fibras van perdiendo sus ceras y grasas naturales.

Grafico 3.5. Diagrama de Operaciones del Proceso de Acabado tela teñida



Fuente: Elaboración Propia

En el Gráfico 3.5. se muestra el diagrama de operaciones de la zona de acabado (continuación de la zona de teñido) de manera general.

Tabla 3.4. Descripción del proceso de acabado

Secado (B)	<ul style="list-style-type: none"> • Consiste en secar la tela
Suavizado / Óptico (B)	<ul style="list-style-type: none"> • Consiste en brindarle a la tela mayor suavidad al tacto y mejor apariencia
Calandrado (B)	<ul style="list-style-type: none"> • Como tecnica de ennoblecimiento de la tela, consiste en proporcionale un mejor aspecto de lustre, planchado.
Suavizado (C/D)	<ul style="list-style-type: none"> • En este proceso se le brinda un tacto mas suave a la tela
Sanforizado	<ul style="list-style-type: none"> • Se le otorga un encogimiento controlado, con la finalidad de no perder sus dimensiones.
Revisión	<ul style="list-style-type: none"> • Se verifica la calidad del teñido y acabado de la tela
Enrollado	<ul style="list-style-type: none"> • Se adapta la tela en formato de rollos con el metraje solicitado

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestra la Tabla 3.5. las diferentes máquinas con diferentes procesos que pueden corresponder a la zona de preparado (P), teñido (T) y/o acabado (A), cada máquina tiene determinadas velocidades o varía dentro de un rango estándar dependiendo del rendimiento (g/m) o tipo de material de la tela.

Tabla 3.5. Máquinas y procesos

Nº	Máquina	*Velocidad (m/min)	Código de proceso	Zona	Proceso / Actividad
1	Gaseadora	50 - 70	2	P	Desencolado
			3	P	Chamusc/Desencolado
			9	P	Impreg. Oxálico
			11	P	Chamuscado
			12	P	Chamusc. Oxálico
			18	P	Escobillado
2	Blanqueadora	25 - 50	5	P	Blanq. Químico
			6	P	Lavado Blanqueo
			15	P	Lavado Desencolado
			20	P	Lavado Semiblanco
3	Lavadora	25 - 50	15	P	Lavado Desencolado
			19	T	Lavado Teñido
			20	P	Lavado Semiblanco
			21	T	Lavado Estampado
			41	T	Jabonado
			51	T	Lavado Reductivo
			70	T	Fijación-Oxidación
4	Mercerizadora	25 - 35	13	P	Caustificado
			27	P	Lavado
			49	P	Mercerizado
			62	T	Lavado Impregnado
			64	P	Desencolado
			65	T	Jabonado
5	Cepilladora	20 - 40	20	P	Cepillado Cara
			21	P	Cepillado Revés

Tabla 3.5. Máquinas y procesos (continuación)

6	Jigger	15 - 50	2	T	Impregnado
			7	T	Desmontado
			27	P/T	Lavado
			36	T	Reducción/Oxidación
			741	T	Jabonado
			51	T	Lavado Reductivo
			58	P	Lavado Oxálico
			78	T	Teñido Ebullición
			79	P	Blanqueo y Lavado
			81	P	Descrudado
			82	T	Fijación/Oxidación
			83	T	Desarrollo
7	Foulard	15 - 40	2	T	Impregnado
			80	T	Teñido Frio
			81	T	Teñido Thermosol
			82	T	Teñido/Impregnado/Secado
			83	T	Teñido Termofijado
			84	T	Teñido Thermosol Catiónico
			85	T	Teñido Thermosol Tina
			86	T	Impregnado Tina
8	Thermosol	20 - 40	56	T	Polymerizado
			75	T	Termofijado
			76	T	Curado Thermex
			77	T	Impregnado Tina

Tabla 3.5. Máquinas y procesos (continuación)

9	Rama Monforts	15 - 80	1	A	Aprestado
			46	P/T/A	Replanchado
			56	A	Polymerizado
			65	P/T	Secado
			66	P	Anchado
			69	P	Secado/Neutraliza do
			70	A	Impregnado Húmedo
			71	A	Impregnado Suavizado
			72	A	Impregnado Dicofix
			73	A	Impregnado Tinofix
			75	P/A	Termofijado
			76	A	Impregnado c/Fijador
			77	A	Impregnado Hostalu
			78	A	Curado
10	Sanforizado	20 - 60	14	A	Sanforizado
			45	A	Pre-Humectado
			47	A	Palmer/Sanforiza do
11	Calandra	20	10	A	Calandrado
12	Perchadora	20	97	P/T	Pase Cara
			98	P/T	Pase Revés

Tabla 3.5. Máquinas y procesos (continuación)

13	Rama Babcock	15 - 80	1	A	Aprestado
			10	A	Impregnado
			46	P/T/A	Replanchado
			56	A	Polymerizado
			65	P/T	Secado
			66	P	Anchado
			69	P	Secado/Neutraliza do
			70	A	Impregnado Húmedo
			71	A	Impregnado Suavizado
			72	A	Impregnado Dicofix
			73	A	Impregnado Tinofix
			75	A	Termofijado
			76	A	Impregnado c/Fijador
			77	A	Impregnado Hostalu
			78	A	Curado
14	Estampadora Stork		26	T	Estampado Reactivo
			27	T	Estampado Pigmentado
15	Vaporizadora Arioli		97	T	Fijado Color Reactivo

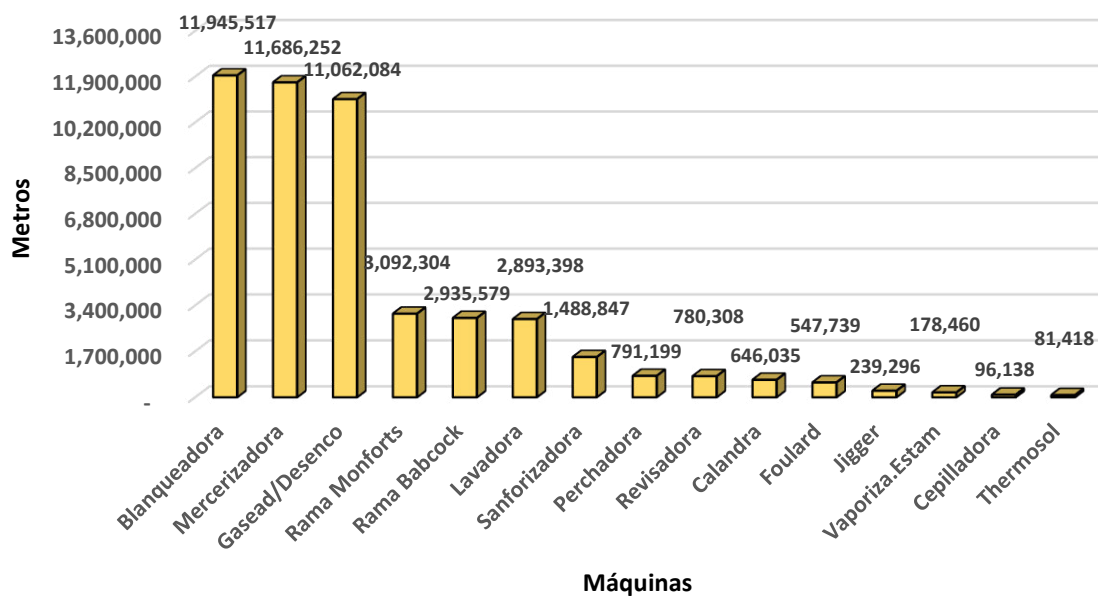
Fuente: Elaboración propia

3.4 SITUACION ACTUAL DEL PROCESO

La producción de la tintorería en general es muy variable para cada máquina debido a que existen diferentes rutas de producción; se denomina rutas de producción a la secuencia de procesos que recorrerá el lote de tela en cada zona. Las rutas de producción están determinadas por el tipo de proceso que requiere el cliente.

Durante el periodo en estudio la producción del área fue relativamente variable para las diferentes maquinas del área como se muestra en el Gráfico 3.6.

Gráfico 3.6. Producción semestral del área de tintorería octubre – marzo

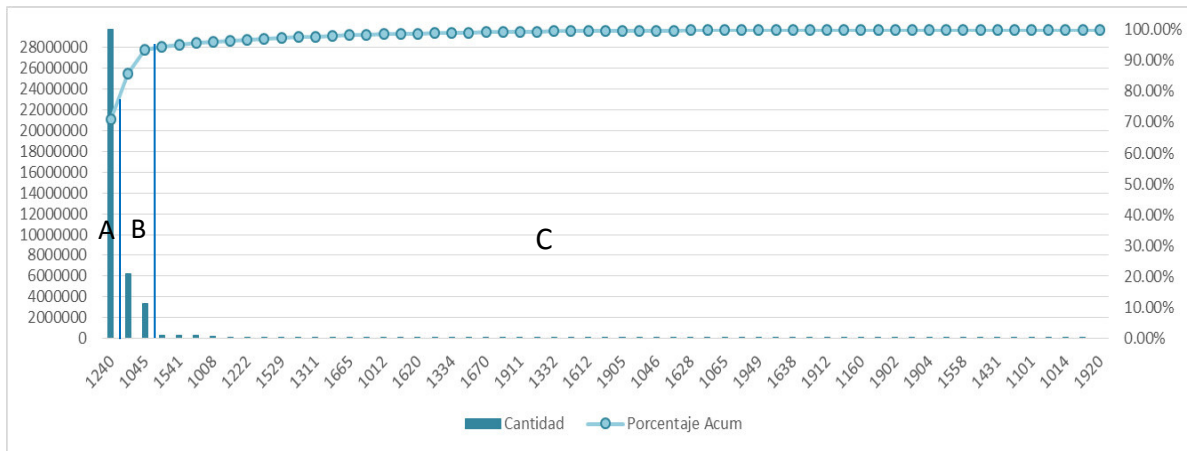


Fuente: Elaboración propia
Empresa

3.4.1. Rutas de producción

Debido a la amplia gama de pedidos en la empresa, el área de tintorería utiliza gran variedad de rutas de producción en las diferentes zonas. Para el estudio se analizará las rutas más comunes dentro del periodo octubre – marzo las cuales están representadas en el gráfico 3.7.

Grafico 3.7. Segmentación “ABC” de rutas de preparado



Fuente: Elaboración propia
Empresa

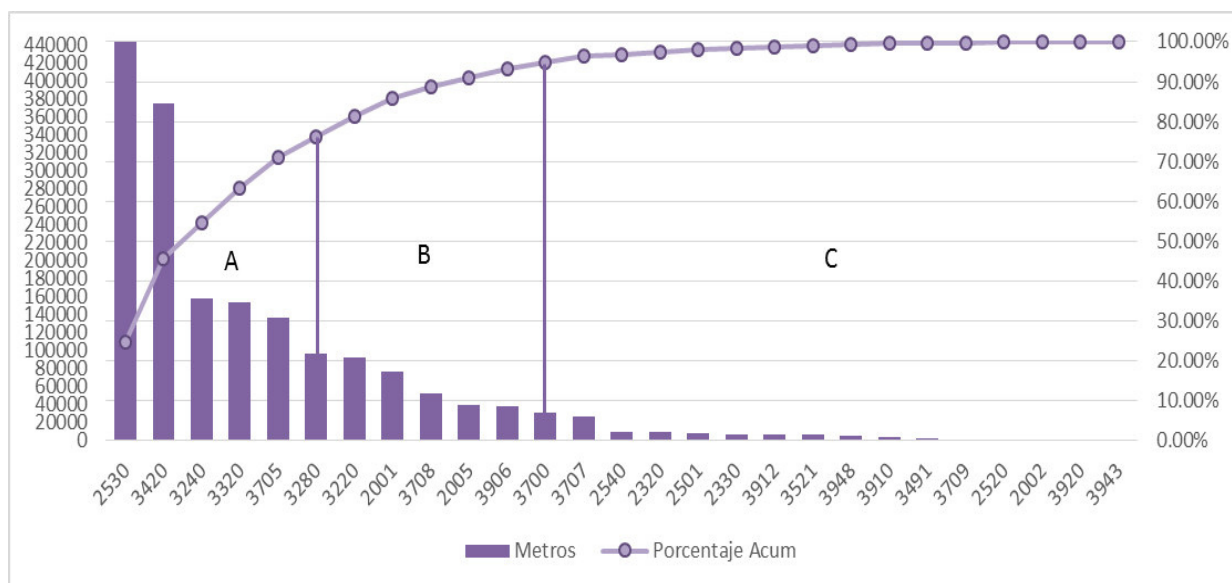
Según el Análisis ABC mostrado en el Gráfico 3.7., la ruta que impactará en 80% a la producción de tela preparada se encuentra en el segmento A, el cual será considerado para el siguiente análisis, y esta es:

Tabla 3.6. Rutas de preparado – Segmento A

Nº	Ruta preparación	Metros	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
1	1240	29745004.9	79.91%	79.91%

Fuente: Elaboración propia
Empresa

Grafico 3.8. Segmentación “ABC” de rutas de teñido



Fuente: Elaboración propia
Empresa

Según el Análisis ABC mostrado en el Gráfico 3.8., las rutas que impactarán en 80% a la producción de tela teñida se encuentran en el segmento A, el cual serán consideradas para el siguiente análisis, y estas son:

Tabla 3.7. Rutas de teñido – Segmento A

N°	Ruta teñido	Metros	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
1	2530	443525	24.79%	24.79%
2	3420	375385	20.98%	45.77%
3	3240	158253	8.84%	54.61%
4	3320	153630	8.59%	63.20%
5	3705	137340	7.68%	70.87%
6	3280	96738	5.41%	76.28%

Fuente: Elaboración propia
Empresa

Grafico 3.9. Segmentación “ABC” de rutas de acabado



Fuente: Elaboración propia
Empresa

Según el Análisis ABC mostrado en el Gráfico 3.9., las rutas que impactarán en 80% a la producción de tela acabada se encuentran en el segmento A, el cual serán consideradas para el siguiente análisis, y estas son:

Tabla 3.8. Rutas de acabado – Segmento A

Nº	Ruta acabado	Metros	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
1	4603	1175081.77	34.63%	34.63%
2	4602	863395	25.45%	60.08%

Fuente: Elaboración propia
Empresa

3.4.2. Rutas Críticas

De acuerdo con la selección de rutas a analizar, se procederá a analizar los procesos de cada una. Se identificará posibles cuellos de botella y procesos son los más críticos.

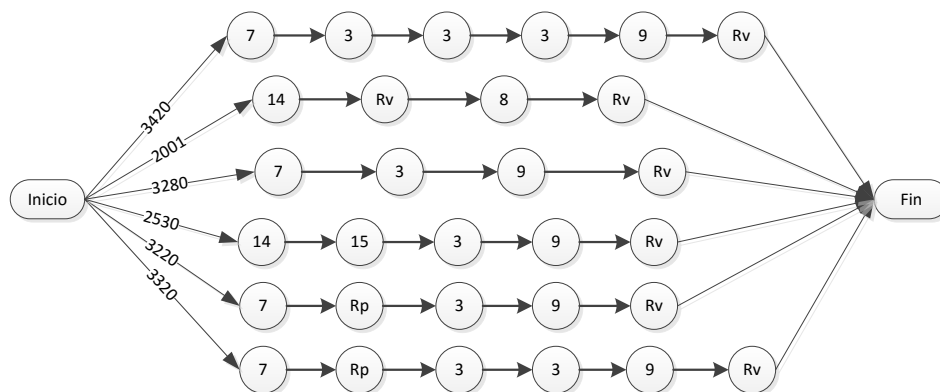
Grafico 3.10. Ruta de proceso de preparado



Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 3.10. se muestra la secuencia de procesos que pertenecen a la ruta 1240 de preparado la cual representa al 79.91% de la producción que se procesa en esta ruta.

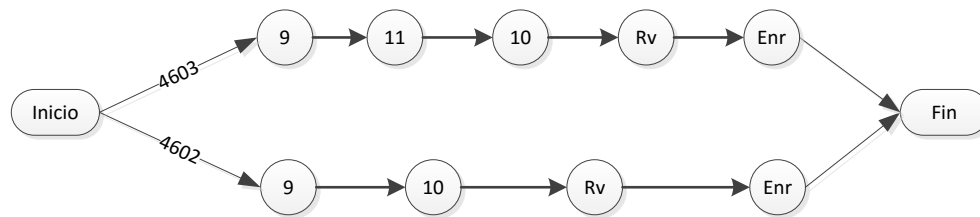
Grafico 3.11. Rutas de proceso de teñido



Fuente: Elaboración propia
Empresa

En el Gráfico 3.11. Se muestra las 6 rutas más representativas de manera individual para apreciar las secuencias de procesos que se realizan en cada una de las máquinas.

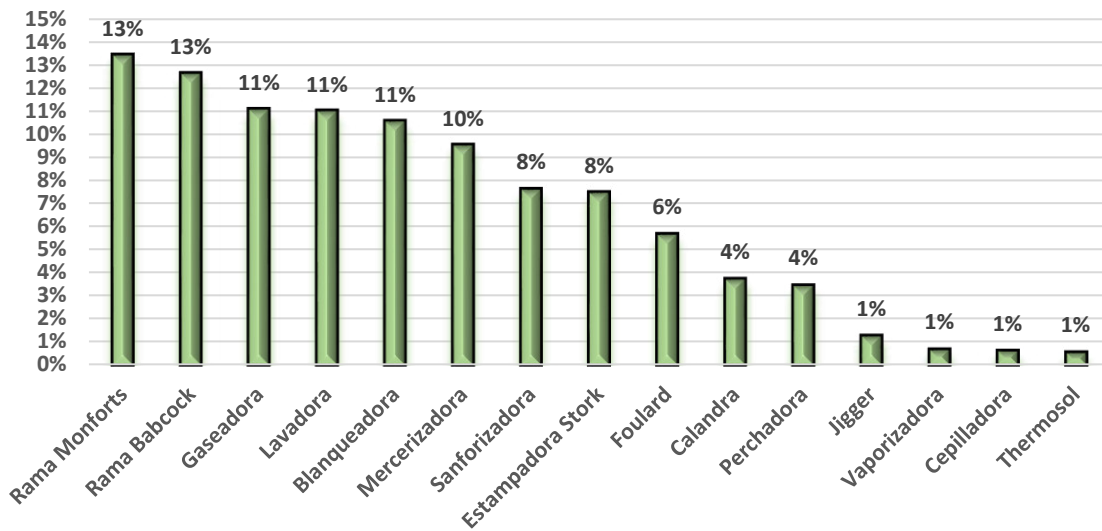
Grafico 3.12. Rutas de proceso de acabado



Fuente: Elaboración propia
Empresa

En el Gráfico 3.12. se aprecia las dos rutas más representativas de la zona de acabado mostrando la secuencia de procesos que se realizara.

Gráfico 3.13. Porcentaje de utilización de cada máquina



Fuente: Elaboración propia

3.4.3. Capacidades de máquinas

Para poder determinar la capacidad de cada máquina se realizó un promedio ponderado de las velocidades con respecto al metraje producido para cada máquina en el periodo en estudio. De los cuales se obtuvo la tabla 3.9.

Tabla 3.9. Velocidades de las máquinas

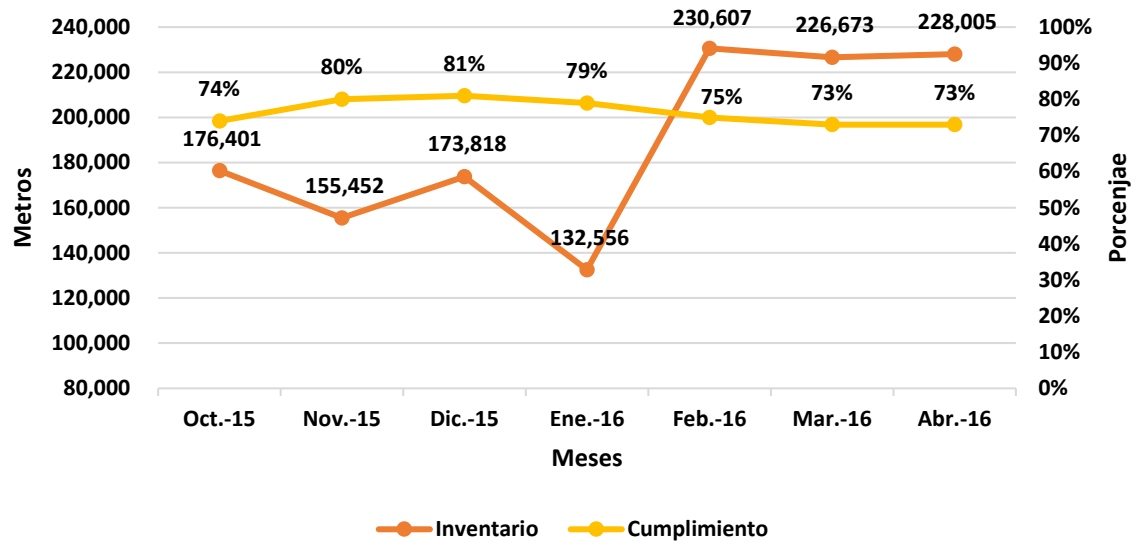
N°	Maquina	Velocidad m/min
6	Jigger	12.12
12	Perchadora	12.81
8	Thermosol	19.47
11	Calandra	19.88
5	Cepilladora	21.90
4	Mercerizadora	26.73
7	Foulard	30.75
10	Sanforizadora	31.10
13	Rama Babcock	32.52
3	Lavadora	33.31
9	Rama Monforts	38.41
2	Blanqueadora	43.06
1	Gaseadora	53.12
14	Estampadora Stork	42.00
15	Vaporizadora	440.14

Fuente: Elaboración propia
Empresa

3.5 . INVENTARIO EN PROCESO

Como cada proceso de producción existen inventarios en proceso que en este caso es ocasionada por la espera de lotes de tela para ser procesada en cada máquina. En el grafico 3.9. se muestra la evolución del inventario comparado con el porcentaje de cumplimiento de pedidos en la fecha programada

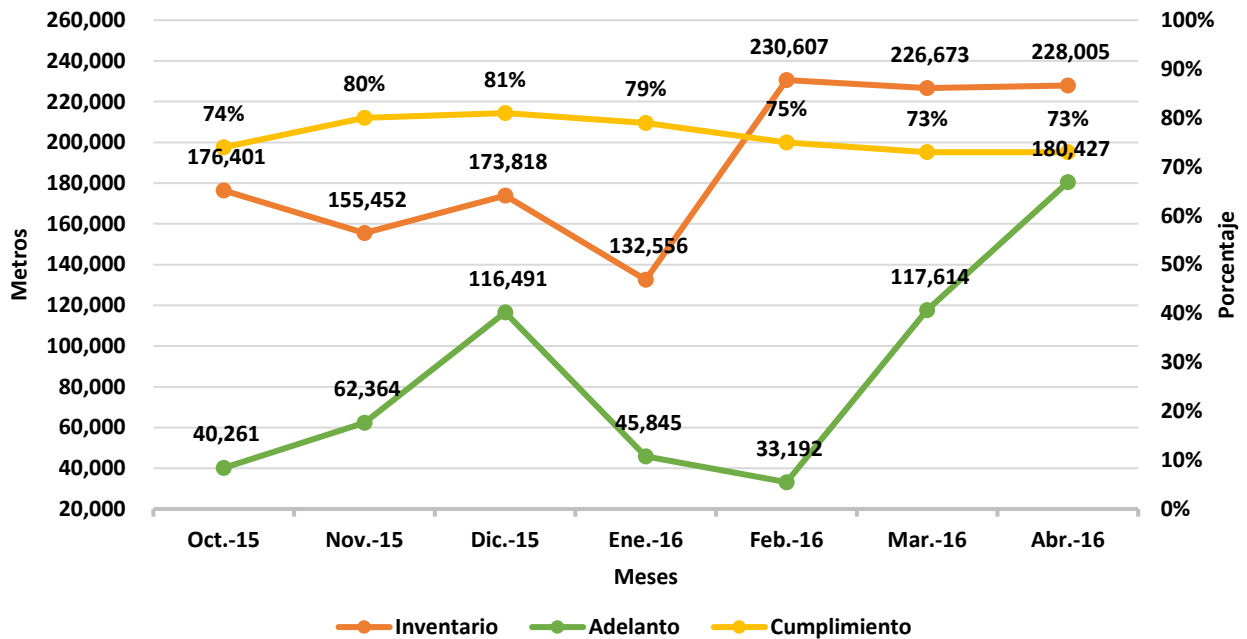
Grafico 3.14. Comparación del inventario en producción con el cumplimiento en la fecha programada



Fuente: Elaboración propia
Empresa

Del grafico 3.14. se puede observar que hay una relación indirecta entre el inventario en proceso y el cumplimiento en fecha. Esto quiere decir que a mayor inventario en proceso el porcentaje de cumplimiento disminuirá.

Grafico 3.15. Comparación del inventario de producción, cumplimiento en la fecha programada y adelantos



Fuente: Elaboración propia

Empresa

Por otro lado, en el grafico 3.15. Se incluye la evolución de adelantos de pedidos la cual genera considerablemente elevar el inventario de productos en proceso.

3.6 ANÁLISIS Y DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.6.1. Análisis de rutas de producción

Según las rutas expuestas anteriormente se consolida para realizar el análisis en conjunto.

Preparado:

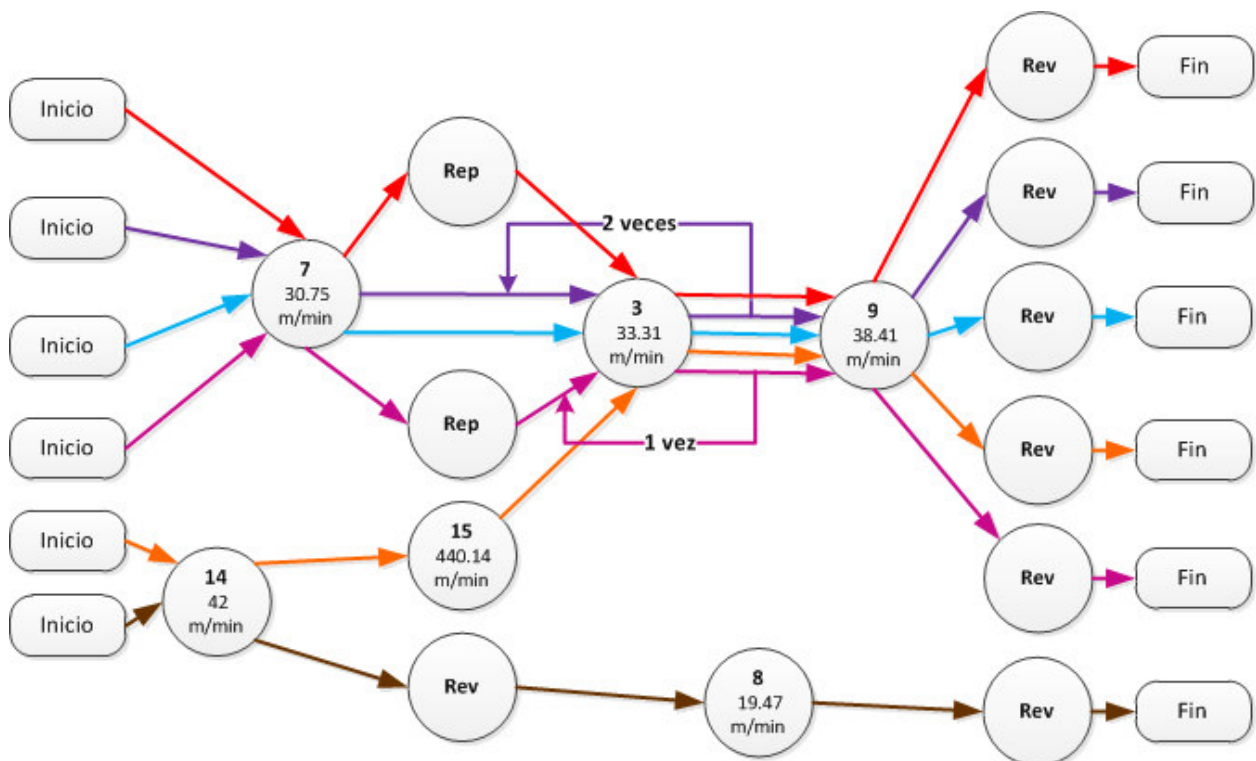
Grafico 3.16. Rutas críticas de proceso preparado



Fuente: Elaboración propia
Empresa

En el Gráfico 3.16. Se muestra la secuencia de los procesos de preparado acompañados con las capacidades correspondientes a cada máquina.

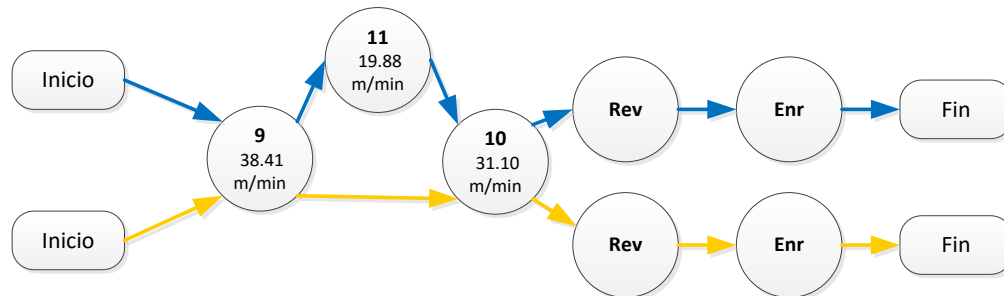
Grafico 3.17. Rutas críticas de proceso teñido



Fuente: Elaboración propia
Empresa

En el Gráfico 3.17. se muestra la incidencia de las rutas sobre las máquinas teniendo en cuenta las capacidades de cada una de éstas.

Grafico 3.18. Rutas críticas de proceso acabado



Fuente: Elaboración propia
Empresa

En el Gráfico 3.18. se muestra las rutas críticas con las capacidades en cada una de las máquinas.

En la zona de preparado se puede deducir a primera vista que el cuello de botella es la Blanqueadora (43.06 m/min) por tener una velocidad menor con respecto a la Gaseadora (53.12 m/min). Si bien es cierto que ésta tiene una velocidad mínima superior con respecto a las máquinas predecesoras, en la zona de teñido se muestra un panorama diferente, donde según las rutas analizadas la máquina que más demanda de producción tiene es la Lavadora y junto a las estaciones de reposo que también la preceden hacen que se genere un alto inventario de productos en proceso (Grafico 3.14.). Por lo tanto, se reasigna la máquina cuello de botella a la Lavadora.

3.6.2. Costo de manufactura actual

Actualmente se tiene un elevado costo de manufactura producto de la acumulación de inventarios en proceso, incorrecta programación y baja eficiencia del proceso.

Tabla 3.10. Informe de Costo de Manufactura mensual

DESCRIPCIÓN DE CUENTA		VALOR MENSUAL (Soles)	
Inventario inicial de materias primas	(+)	S/. 86,073.14	
Compras	(+)	S/. 412,536.00	
Inventario final de materias primas	(-)	S/. 26,600.00	
Costo de Materias Primas	(+)		S/. 472,009.14
Mano de Obra Directa	(+)		S/. 24,480.08
Mano de obra indirecta	(+)	S/. 36,720.12	
Envases y embalajes	(+)	S/. 9,408.22	
Energía eléctrica	(+)	S/. 54,070.50	
Combustible (gas)	(+)	S/. 24,327.56	
Depreciación de equipos de planta	(+)	S/. 38,136.00	
Compensación por años de trabajo	(+)	S/. 13,393.33	
Otros gastos	(+)	S/. 8,036.00	
CIF	(+)		S/. 184,091.73
Costo de Manufactura			S/. 680,580.95

Fuente: Elaboración propia
Empresa

En la Tabla 3.10. se muestra el costo de manufactura promedio del periodo en estudio y a partir de ello, se calcula el costo de manufactura unitario

$$CM_u = \frac{\text{Costo de manufactura S/.}}{\text{Producción mensual (metros)}}$$

$$CM_u = \frac{680,580.95 \text{ S/.}}{482,233 \text{ m}}$$

$$CM_u = 1.41 \frac{S/.}{m}$$

El análisis y determinación de costos incluye costos fijos y variables, los cuales se modificarán luego de la implementación de las propuestas en el capítulo siguiente.

CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

En este capítulo se planteará metodología DBR (Drum, Buffer, Rope) como propuesta de solución al problema mencionado en el anterior capítulo. Ello nos permitirá un mejor flujo de procesos en el área productiva, optimizando nuestros recursos.

4.1. APLICACIÓN DE LA TEORIA DE RESTRICCIONES

La metodología TOC que tiene como herramienta el DBR considera, para este caso, los siguientes pasos a seguir:

1. Identificar las restricciones del sistema
2. Definir como explotar el cuello de botella
3. Subordinar todo a la restricción anterior
4. Elevar el cuello de botella

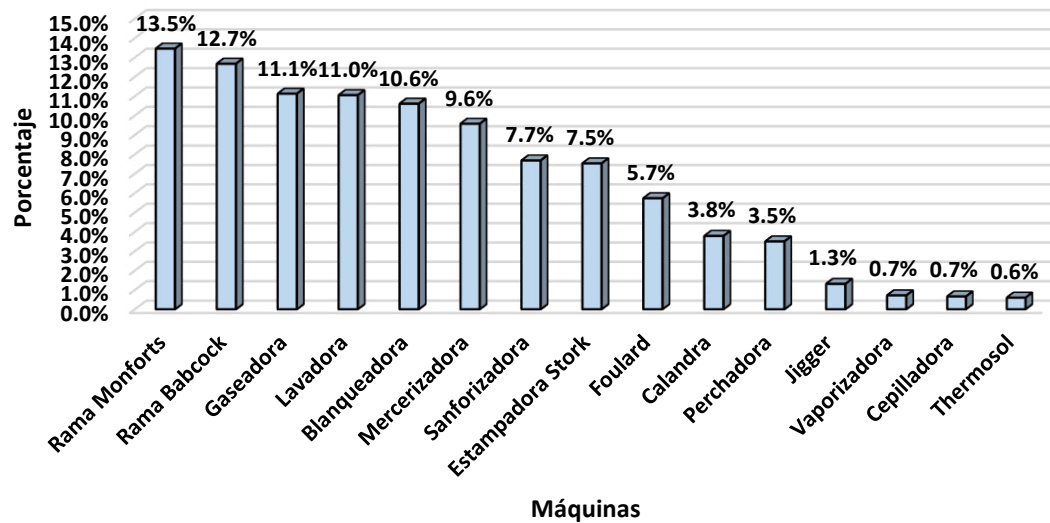
4.1.1. Identificar las restricciones del sistema

En principio se analiza si existe la presencia de alguna restricción política, sin embargo, éstas quedan descartadas puesto que el directorio da las facilidades para poder lograr nuestro objetivo.

Adicionalmente descartamos alguna restricción de mercado. Por lo tanto, las restricciones o cuellos de botella se encuentran en los procesos internos de la empresa.

En el capítulo anterior se tuvo un diagnóstico de cuello de botella ya que se analizó del Gráfico 3.13., el porcentaje de utilización de cada máquina, así como en la Tabla 3.9, las velocidades promedio de funcionamiento, donde se observa que la lavadora es la máquina restrictiva o cuello de botella.

Grafico 3.13. Porcentaje de utilización de las máquinas



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico 3.13. Se muestra el porcentaje de utilización de cada máquina, sin embargo, existen diferentes variables como:

- Velocidad de cada máquina
- Estaciones de reposo de cada máquina
- Frecuencia de utilización por ruta
- Porcentaje de utilización durante el periodo de estudio

Entonces se tendrá que analizar las demás variables que influirán en la identificación de la restricción.

A continuación, se detalla las velocidades de cada máquina, esto permitirá comparar la frecuencia de utilización con cada velocidad por máquina.

Tabla 3.9. Velocidades de las máquinas

N°	Maquina	Velocidad m/min
6	Jigger	12.12
12	Perchadora	12.81
8	Thermosol	19.47
11	Calandra	19.88
5	Cepilladora	21.90
4	Mercerizadora	26.73
7	Foulard	30.75
10	Sanforizadora	31.10
13	Rama Babcock	32.52
3	Lavadora	33.31
9	Rama Monforts	38.41
2	Blanqueadora	43.06
1	Gaseadora	53.12
14	Estampadora Stork	42.00
15	Vaporizadora	440.14

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar, en la Tabla 3.9. Se muestra cada velocidad siendo la más restrictiva la máquina Jigger y siendo la más productiva la Vaporizadora, ésta evidencia sería suficiente para identificar el cuello de botella siempre y cuando la utilización de cada máquina tenga la misma proporción, pero en este caso no es suficiente ya que la utilización de cada una de las máquinas variará de acuerdo con cada ruta del proceso.

Considerando los datos del Gráfico 3.13. y los de la Tabla 3.9., se consolida en la siguiente Tabla 4.1. Para poder relacionar la velocidad y la proporción de cada una de ellas:

Tabla 4.1. Velocidades de las máquinas específicas

N°	Maquina	Velocidad m/min	Proporción	Total
1	Gaseadora	53.12	11.1	589.63
9	Rama Monforts	38.41	13.5	518.54
2	Blanqueadora	43.06	10.6	456.44
13	Rama Babcock	32.52	12.7	413.00
3	Lavadora	33.31	11	366.41
14	Estampadora Stork	42	7.5	315.00
15	Vaporizadora	440.14	0.7	308.10
4	Mercerizadora	26.73	9.6	256.61
10	Sanforizadora	31.1	7.7	239.47
7	Foulard	30.75	5.7	175.28
11	Calandra	19.88	3.8	75.544
12	Perchadora	12.81	3.5	44.84
6	Jigger	12.12	1.3	15.76
5	Cepilladora	21.9	0.7	15.33
8	Thermosol	19.47	0.6	11.68

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 4.1. se muestra la velocidad total en función del porcentaje de tiempo utilizado durante el periodo, de tal forma que se extraerá las máquinas que más impacto tienen siendo las de mayor velocidad total, esto se muestra en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Máquinas de mayor demanda

N°	Maquina	Velocidad m/min	Proporción	Velocidad Total	%	% Acumulado
1	Gaseadora	53.12	11.1	589.632	16%	16%
9	Rama Monforts	38.41	13.5	518.535	14%	29%
2	Blanqueadora	43.06	10.6	456.436	12%	41%
13	Rama Babcock	32.52	12.7	413.004	11%	52%
3	Lavadora	33.31	11	366.41	10%	62%
14	Estampadora Stork	42	7.5	315	8%	70%
15	Vaporizadora	440.14	0.7	308.098	8%	78%

Fuente: Elaboración Propia

Para determinar cuál de las máquinas es la restricción del sistema, se necesita analizar la secuencia de procesos que tiene cada una de ellas, descartando la Estampadora Stork y la Thermosol ya que no pertenecen a alguna ruta representativa del proceso (Tabla 3.6, Tabla 3.7 y Tabla 3.8)

En los siguientes gráficos (Grafico 3.10., Grafico 3.11. y Grafico 3.12.) señalaremos de color amarillo a las máquinas que mayor demanda de producción tienen y de color rojo a las estaciones de reposo.

Grafico 3.10. Ruta de proceso de preparado



Grafico 3.11. Ruta de proceso de teñido

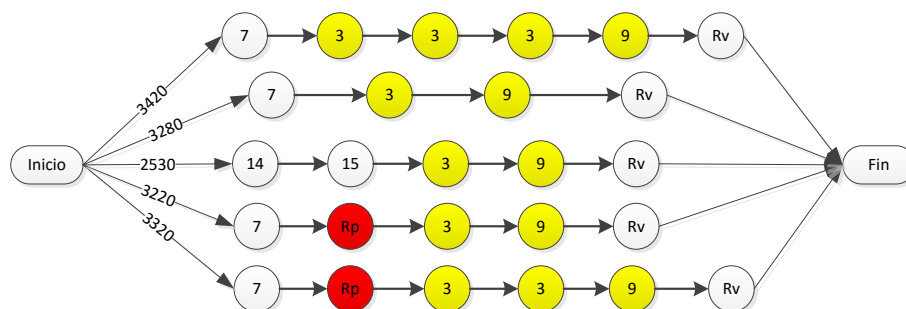
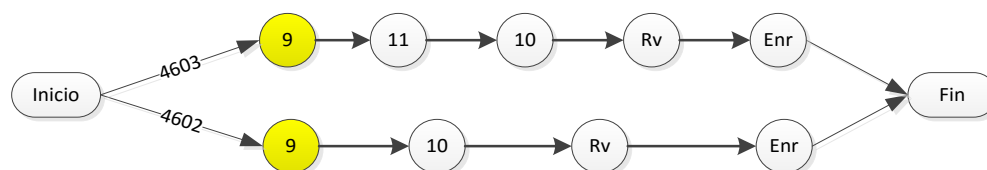


Grafico 3.12. Ruta de proceso de acabado



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en las rutas de procesos existe una repetitividad de los círculos amarillos que representan a las máquinas de mayor demanda, a la vez se aprecia cuatro estaciones de reposo que preceden a la máquina Blanqueadora y a la máquina Lavadora ocasionando un aumento de inventarios en proceso, distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 4.3. Distribución de estaciones de reposo

N°	Maquina	Frecuencia en ruta	Estaciones de reposo previo
1	Gaseadora	1	0
9	Rama Monforts	8	0
2	Blanqueadora	1	1
13	Rama Babcock	1	0
3	Lavadora	9	3

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con el diagnóstico presentado en el apartado 3.6 Análisis Y Diagnostico De La Situación Actual, se demuestra que la restricción será aquella máquina que tenga la mayor utilidad en las rutas críticas y por consecuencia en la producción del periodo en estudio. Asimismo, será la que presente mayores estaciones de reposo, por lo tanto, se deduce que la máquina LAVADORA es la restricción principal del sistema.

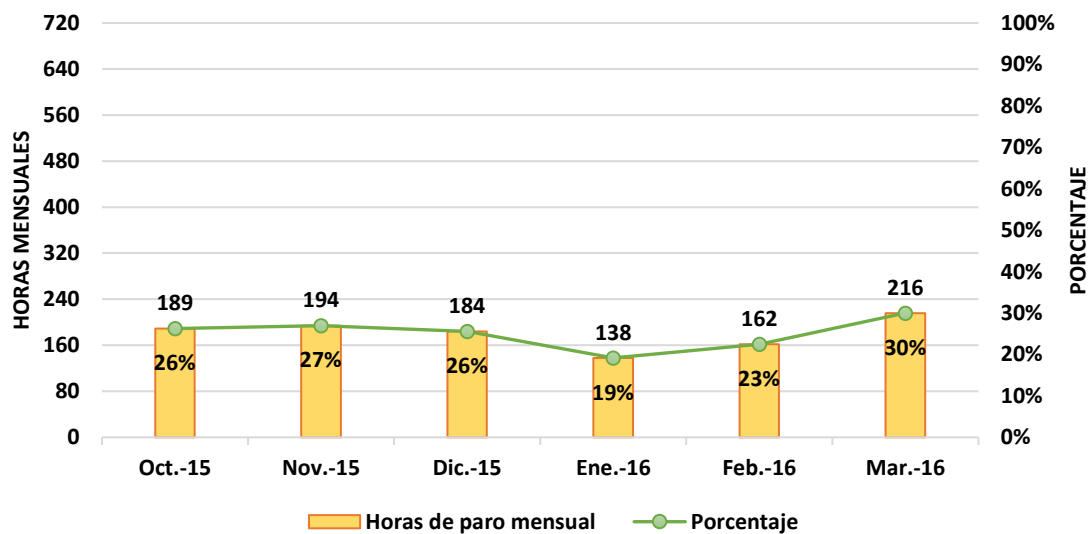
4.1.2. Definir como explotar el cuello de botella

En consecuencia, si todo el sistema está determinado por la capacidad de la lavadora, un minuto ganado en esta máquina será un minuto ganado en todo el sistema.

Para saber si se puede ganar más tiempo en el uso de la máquina restrictiva, se debe saber la cantidad de horas paradas que tiene.

La explotación de la restricción de la lavadora se basará en el cálculo preliminar de las fechas de proceso de la tela por la restricción (tambor), modificando la programación que se viene realizando.

Grafico 4.1. Horas de paro mensual de la lavadora



Fuente: Elaboración Propia

En el Gráfico 4.1. se observa que en promedio se tiene un 25% de paro de la máquina lavadora en relación con las 720 horas mensuales de procesamiento. Es decir que se tiene la máquina parada 7.5 días, lo que ocasiona dejar de procesar 356,400 metros de tela aproximadamente.

Se proyecta reducir en un 50% el porcentaje de paro en las causas más impactantes. Para poder analizar y reducir éstas se debe identificar y encontrar el motivo o las causas raíz que ocasionan este problema, a continuación, se detalla en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4. Motivos de paro de la Lavadora

MOTIVO DE PARO	Porcentaje de paro	Porcentaje acumulado de paro
Limpieza de maquina	24.02%	24.02%
Cambio de baño	21.82%	45.84%
Preparación de maquina	15.05%	60.89%
Reparación mecánica	13.16%	74.05%
Mantenimiento mecánico	9.99%	84.05%
Reparación eléctrica	8.38%	92.43%
Cambio de rollo	3.57%	96.00%
Falta de vapor	2.02%	98.01%
Falta agua blanda	0.80%	98.81%
Falta de productos químicos	0.72%	99.53%
Cambio de producto (colorante/químicos)	0.30%	99.83%
Falta de fluido eléctrico	0.17%	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con la Tabla 4.4., se observa los diferentes motivos de paro durante el periodo en estudio. Estos ocasionan elevadas horas de paro en la maquina restrictiva. En este caso se necesita transformar esas horas de paro en horas productivas a fin de utilizar la mayor capacidad de la máquina. Los cuales se atacarán los que mayor impacto generen y pertenezcan al 80% de incidencia. Estos son:

Tabla 4.5. Horas de paro mensual segmentado

	Limpieza de maquina	Cambio de baño	Preparación de maquina	Reparación mecánica	Total Horas de Paro
Oct-15	45.39	41.24	28.44	24.87	139.94
Nov-15	46.49	42.33	29.19	25.53	143.54
Dic-15	44.20	40.15	27.69	24.21	136.25
Ene-16	33.15	30.11	20.77	18.16	102.19
Feb-16	38.91	35.35	24.38	21.32	119.96
Mar-16	51.88	47.13	32.51	28.43	159.95
Total	260.02	236.31	162.98	142.52	

Fuente: Elaboración Propia

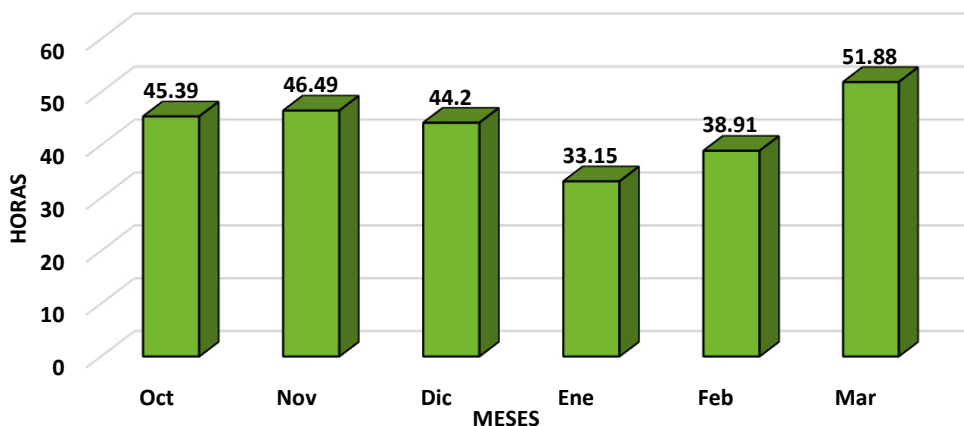
En la tabla 4.5. se observa que, solo con las cuatro principales causas de paro, la cantidad equivale en promedio a 5 días de paro por mes. A continuación, se analizará cada causa para poder reducir el *lead time*.

4.1.2.1. Limpieza de máquina

Durante el funcionamiento de la máquina lavadora existen diferentes tipos de detergentes y auxiliares que se utilizan de acuerdo al requerimiento que el cliente especifique para el proceso de su pedido. Por lo tanto, en cada proceso de diferentes insumos, se debe hacer un cambio de baño y seguidamente de una limpieza minuciosa para eliminar todo los residuos y desperdicios que puedan alterar la calidad del siguiente proceso.

De acuerdo a la Tabla 4.5. se extrae la cantidad de horas de limpieza de máquina que se utiliza actualmente; esto para poder determinar el tiempo a reducir.

Grafico 4.2. Horas de paro mensual de la lavadora por limpieza de máquina



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico 4.2. se muestra las elevadas horas de limpieza de máquina que se realiza bajo las siguientes consideraciones:

Tabla 4.6. Condición actual de limpieza de máquina

	Antes
Duración	40 minutos por limpieza
Reiteración aproximadamente	4 veces/día
Operarios	1 por turno

Fuente: Elaboración Propia

El proceso de limpieza en la máquina lavadora está asignado a 1 operario por turno (7.25 horas) el cual no es suficiente para poder agilizar esta operación y más cuando esta máquina requiere optimizar todo el tiempo posible.

Para solucionar este problema se decidió asignar a un ayudante de operario quien será el operario de la máquina Thermosol, ya que el funcionamiento de esta máquina es de 0.6% de la

producción, por lo tanto, se tiene disponibilidad del personal para hacer la limpieza de la máquina junto al operario de turno, evitando costos de contratación y disminuyendo en 50% el tiempo ejecutado.

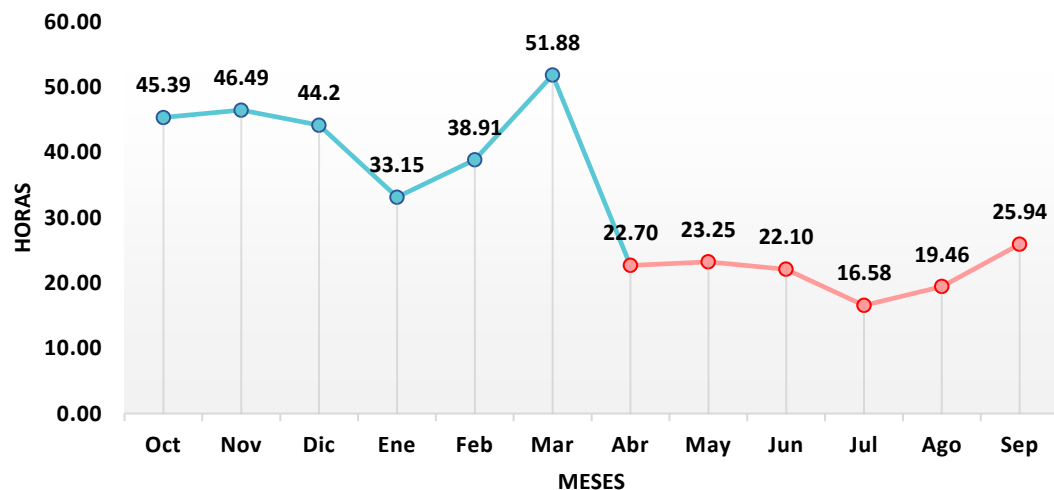
Tabla 4.7. Comparación de condiciones implementadas por limpieza de máquina

	Antes	Después
Duración	40 minutos por limpieza	20 minutos por limpieza
Reiteración aproximadamente	4 veces/día	2 veces/día
Operarios	1 por turno	2 por turno

Fuente: Elaboración Propia

Por lo expuesto anteriormente, se demuestra en la tabla 4.7. Que se reducirá la reiteración en un 50% incluyendo 1 operario más para la atención a la máquina. De esta forma las horas de limpieza se reducirán.

Grafico 4.3. Horas de paro mensual de la lavadora por limpieza de máquina proyectada



Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar en el Grafico 4.3. la tendencia de los próximos 6 meses, la reducción del *lead time* de limpieza de la máquina lavadora, teniendo un promedio de 21.67 horas por mes, producto de la implementación de condiciones expuestas en la Tabla 4.7.

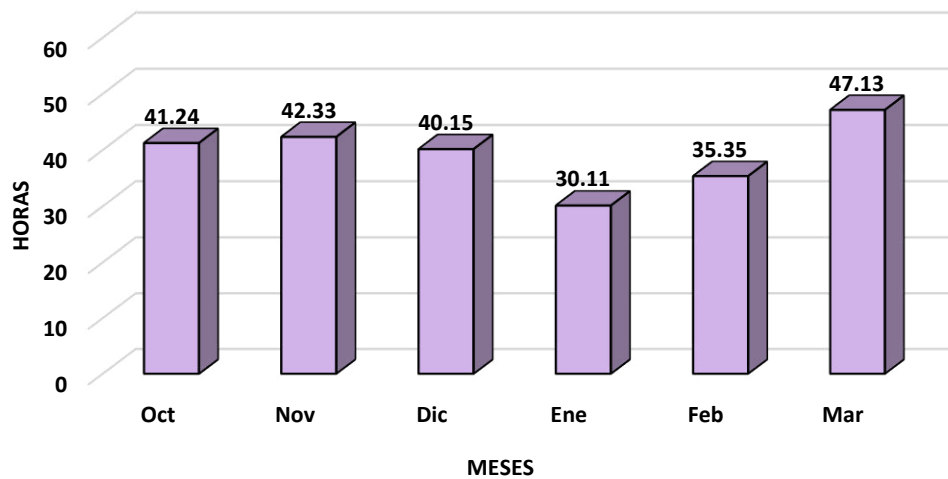
4.1.2.2. Cambio de baño

Para poder procesar la tela, se prepara un baño con diferentes tipos de auxiliares, suavizantes y detergentes (según el proceso y la composición de la receta). Este baño se puede utilizar para procesar diferentes artículos, sin embargo, esta reutilización dependerá si el siguiente proceso llevará los mismos insumos, si el baño está muy saturación o si el porcentaje de sólidos que contenga el baño está dentro del rango de tolerancia establecido; caso contrario se procederá a realizar el cambio.

En seguida de retirar el baño de la máquina se procede con la limpieza y seguidamente comienza el cambio de baño que también incluye la preparación de uno nuevo.

Esta operación es uno de los factores que más tiempo demanda, ocasionando la inoperatividad de la máquina.

Grafico 4.4. Horas de paro mensual de la lavadora por cambio de baño



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico 4.4. se muestra las horas de paro mensual que ocasiona el cambio de baño, éste es el segundo motivo que tiene mayor impacto en las horas de paro.

Tabla 4.8. Condición actual de cambio de baño

	Antes
Duración	30 minutos por cambio de baño
Reiteración aproximadamente	2 veces/día
Operarios	1

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.8. Las operaciones en esta máquina están asignada a un solo operario más éste no se da abasto para esta operación.

Por ello, se tendrá un apoyo de la máquina Thermosol para realizar el cambio de baño. Esta persona tiene el tiempo suficiente para atender la limpieza y el cambio de baño puesto que la máquina Thermosol solo opera el 0.6% de toda la producción.

Por ende, se reducirá el lead time de cambio de baño en 50%, resultando un promedio de 20 horas al mes.

Tabla 4.9. Comparación de condiciones implementadas de cambio de baño

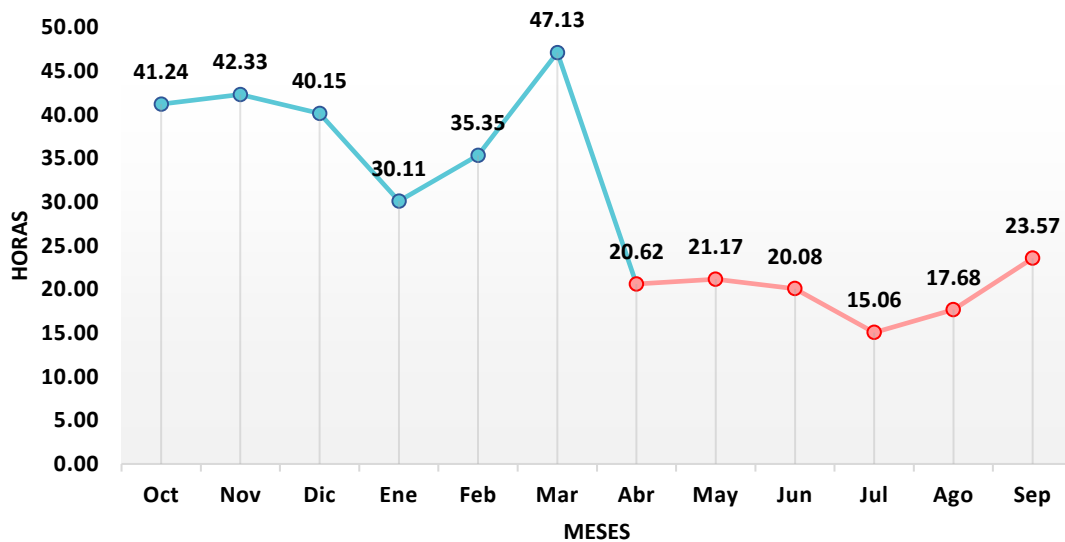
	Antes	Después
Duración	30 minutos por cambio de baño	15 minutos por cambio de baño
Reiteración aproximadamente	2 veces/día	1 veces/día
Operarios	1	2 por turno

Fuente: Elaboración Propia

Luego de implementar la inclusión del operario de la maquina Thermosol en el cambio de baño, el *lead time* se llega a reducirse en un 50% y por lo tanto las iteraciones también.

La implementación de estos cambios se proyecta durante los próximos 6 meses, en el Grafico 4.5.

Grafico 4.5. Horas de paro mensual de la lavadora por cambio de baño proyectado



Fuente: Elaboración Propia

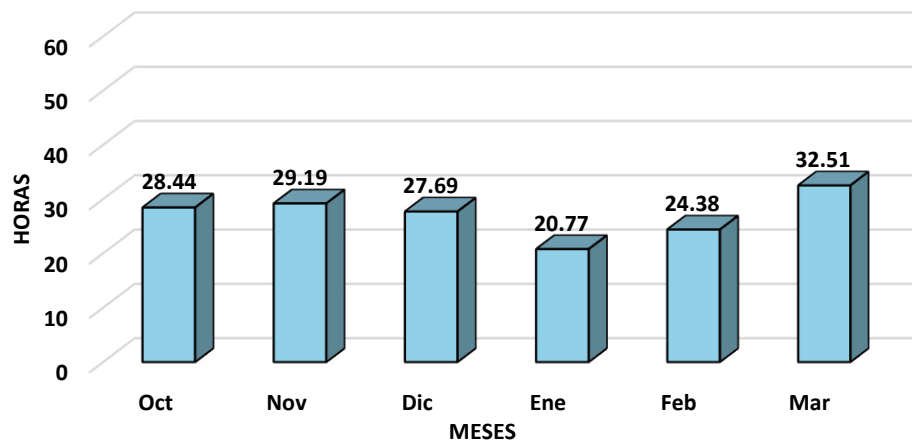
Como se puede apreciar en el grafico 4.5., existe una reducción considerable que representa 19.69 horas por mes aproximadamente.

4.1.2.3. Preparación de la máquina

Luego de realizar el cambio de baño se procede a preparar o acondicionar la máquina para ejecutar el siguiente proceso. Esto consiste en proveer de productos químicos, prepararlos y llenarlos en tanques de donde suministrarán con las concentraciones ideales a lo largo del funcionamiento; por otra parte, se realizan calibraciones de la maquina en cuanto a la temperatura, presión y velocidad con la que iniciará el proceso.

Esta operación también ocasiona grandes tiempos muertos, como se muestra en el siguiente gráfico:

Grafico 4.6. Horas de paro mensual de la lavadora por preparación de la maquina



Fuente: Elaboración Propia

Si bien es cierto se tiene un promedio de 27 horas muertas por mes, este tiene un impacto considerable en las horas de paro totales.

Tabla 4.10. Condición actual de preparación de la maquina

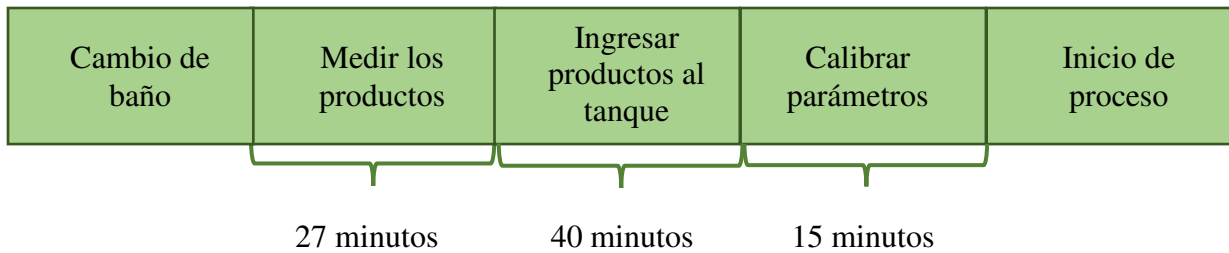
	Antes
Duración	82 minutos por preparación
Reiteración aproximadamente	1.5 veces/día
Operarios	1

Fuente: Elaboración Propia

El tiempo de procesamiento es demasiado alto, pero esto se puede revertir realizando una organización de las actividades que permitan optimizar mejor el tiempo, para ello contamos con el Operario de la máquina Thermosol.

Dentro de las actividades descritas que se realiza en la preparación de la máquina, se tiene:

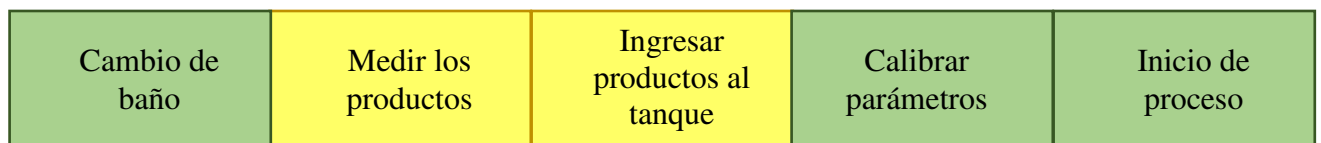
Grafico 4.7. Actividades de preparación de máquina



Fuente: Elaboración Propia

En el grafico 4.7. se muestra un tiempo promedio de 82 minutos por preparación de máquina, para reducir este tiempo se aplicará el método SMED. Primero se identifica las actividades internas que son aquellas que se realizan cuando la maquina esta parada y segundo las actividades externas, las que se realiza cuando la maquina está en funcionamiento. En este caso existen 2 actividades internas que son: Medir los productos e ingresar productos a los tanques.

Grafico 4.8. Identificación de actividades externas e internas



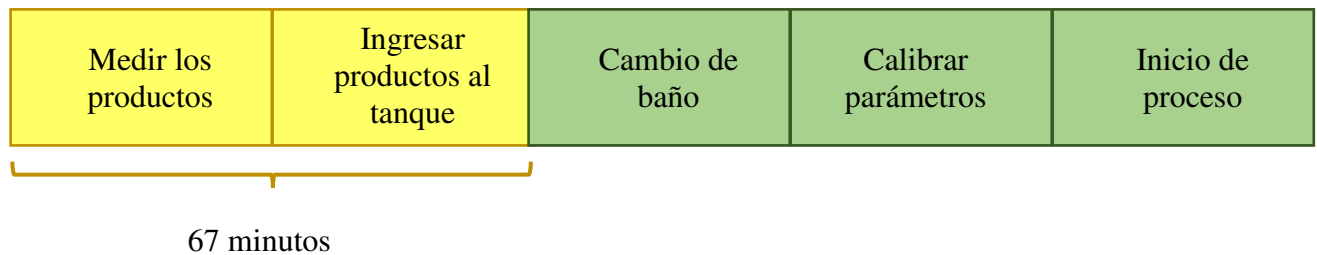
Fuente: Elaboración Propia

En el Grafico 4.8 se muestra a las 2 actividades en cuadros amarillos (67 minutos), que representa las actividades internas mientras que el cuadro de color verde muestra las actividades externas (las que se realizan cuando la maquina está en marcha).

Como segundo paso se transforma las actividades internas en externas, de manera que estas 2 actividades se realizaran mientras se está realizando el cambio de baño, ya que son actividades

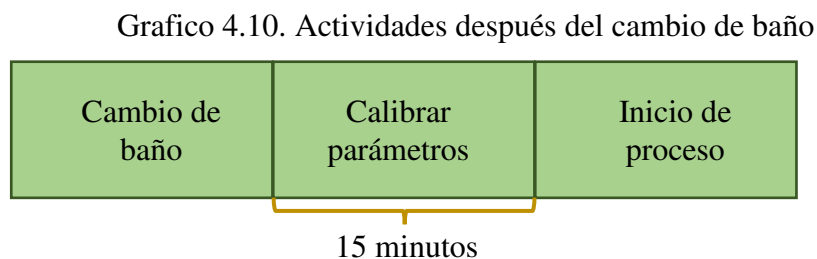
independientes. Si bien es cierto estas dos actividades duran 67 minutos, éstas pueden realizarse antes de iniciar la siguiente actividad (Cambio de baño)

Grafico 4.9. Reestructuración de actividades externas e internas



Fuente: Elaboración Propia

Esto generara una reducción de 67 minutos ya que las actividades se realizarán 52 minutos antes de iniciar el cambio de baño y 15 minutos en simultáneo con el cambio de baño. Entonces el grafico se modificará de la siguiente manera:



Fuente: Elaboración Propia

En el Grafico 4.10. se muestra que para la calibración de parámetros en la máquina solo se tiene 15 minutos que se realizará cuando la maquina está parada, esto genera una mejor organización de procesos.

Luego de la implementación se tiene nuevas condiciones del proceso que se muestra a continuación:

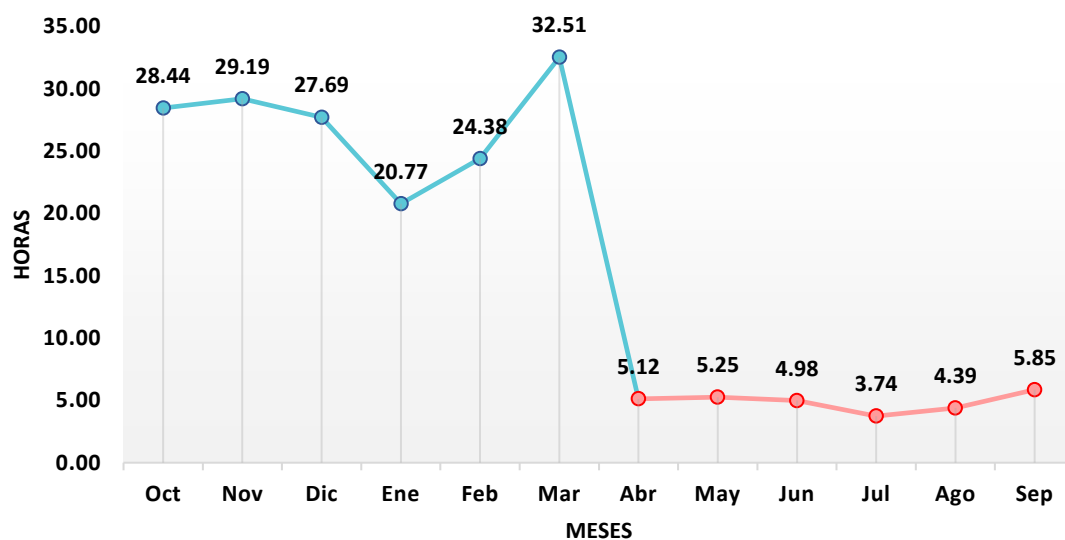
Tabla 4.11. Comparación de condiciones por preparación de la máquina

	Antes	Después
Duración	82 minutos por preparación	15 minutos por preparación
Reiteración aproximadamente	1.5 veces/día	1.5 veces/día
Operarios	1	2

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 4.11. se muestra la mejora que hubo aplicando el método SMED en este proceso, teniendo una reducción de 82% del *lead time*. A continuación, se presenta el grafico proyectado con los cambios implementados.

Grafico 4.11. Horas de paro mensual de la lavadora por preparación de máquina proyectado



Fuente: Elaboración Propia

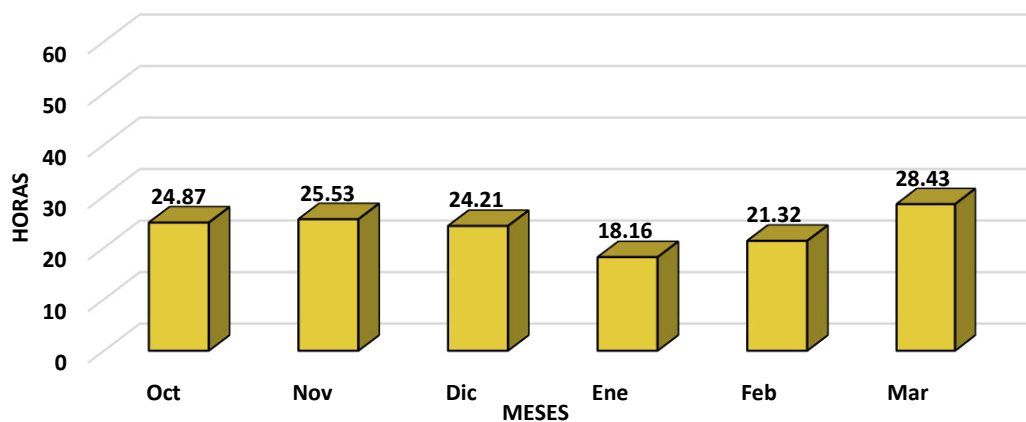
Como se aprecia en el grafico 4.11. La aplicación de la técnica SMED es bastante efectiva ya que al reducir el 82% se tiene un nuevo promedio de 5 minutos aproximadamente para realizar la preparación de la máquina.

4.1.2.4. Reparación mecánica

Como toda máquina existe desperfectos imprevistos que pueden detener la maquina en pleno proceso y para solucionarlos o repararlos, requiere de varias horas significativas que la máquina pudiese estar produciendo.

A continuación, se muestra las horas de paro por reparación mecánica:

Grafico 4.12. Horas de paro mensual de la lavadora por reparación mecánica



Fuente: Elaboración Propia

En el Grafico 4.12. se observa la cantidad de horas de reparación mecánica, teniendo un promedio de 24 horas por mes, lo que representa 1 día de inoperatividad. Esto se puede revertir implementando un sistema de mantenimiento preventivo.

Para poder realizarlo, es necesario saber las condiciones actuales con las que se cuenta para realizar.

Tabla 4.12. Condición actual de reparación mecánica

	Antes
Duración	163 minutos por reparación
Reiteración aproximadamente	2 veces/día
Mecánico	2

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 4.12. se observa que cada reparación mecánica dura 163 minutos, sin embargo, este tiempo se reducirá al incluir 2 mecánicos para ejecutar el mantenimiento preventivo.

Esta inclusión deberá estar acompañado al plan de mantenimiento preventivo. La empresa cuenta con todas las herramientas y repuestos para el mantenimiento de la máquina. A continuación, se presenta el plan de mantenimiento preventivo:

Tabla 4.13. Programa de mantenimiento preventivo

L	M	M	J	V	S	D
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 4.13. Se puede observar que se tiene un mantenimiento preventivo 1 vez por semana, tomando las siguientes consideraciones:

- El mantenimiento será programado 1 vez a la semana.
- Si en el mes existen días feriados, el día de mantenimiento será reprogramado para ejecutarse en este día con el fin de optimizar el tiempo.
- La duración del mantenimiento no será mayor a 80 minutos puesto que se tendrá 4 mecánicos quienes operarán la máquina.
- Antes del inicio de mantenimiento se seleccionará todos los materiales y repuestos a utilizar
- Se realizará un inventario mensual para la reposición de herramientas y repuestos utilizados anteriormente.
- El programa de mantenimiento será ejecutado estrictamente en las fechas establecidas.

Como consecuencia de los cambios realizados se tiene condiciones diferentes en la siguiente comparación:

Tabla 4.14. Condición actual de reparación mecánica

	Antes	Después
Duración	163 minutos por reparación	80 minutos por mantenimiento
Reiteración aproximadamente	2 veces/día	1 vez por semana
Mecánico	2	4

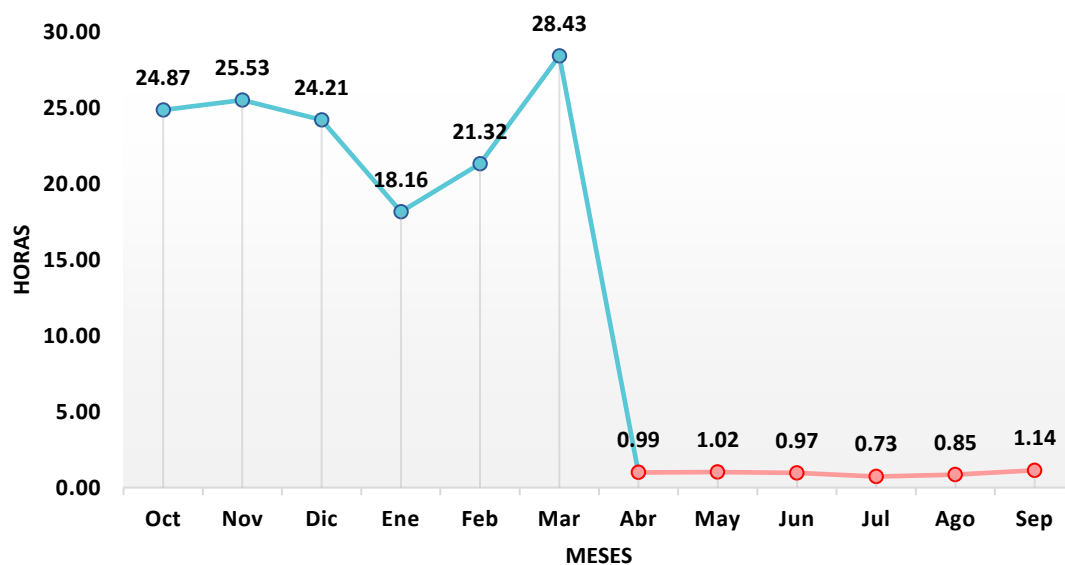
Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 4.14. Se muestra la reducción de tiempo en 96% ya que son 2 reiteraciones por día que equivalen a 2282 minutos a la semana por mantenimiento.

Por lo tanto, ahora, se tiene un promedio de 5 horas con 20 minutos por mes de mantenimiento preventivo.

Luego de las evaluaciones y consideraciones implementadas, se tiene una proyección de los siguientes 6 meses que se muestra en el siguiente gráfico:

Grafico 4.13. Horas de paro mensual de la lavadora por reparación mecánica proyectado



Fuente: Elaboración Propia

Se tiene un límite promedio de 57 minutos al mes en mantenimiento como proyección de los siguientes 6 meses como se puede observar en el gráfico. 4.13. Si se cumple las condiciones establecidas se tiene un porcentaje de confiabilidad de 60% que la máquina trabajará con total normalidad

4.1.3. Subordinar todo a la restricción anterior

Si el cuello de botella limita la producción total del sistema, no tiene sentido producir más de lo que la limitación puede absorber y menos adelantar pedidos como se estuvo haciendo hasta el momento. La mejor manera de controlar el sistema sería programando primero el cuello de botella en el proceso productivo. De esta forma las telas procesadas por esta máquina fluirían sin problemas hasta el almacén de productos terminados.

Por lo tanto, la lavadora marcará el ritmo al que deben suministrarse la tela cruda, es decir, que sea el tambor del sistema productivo (Drum).

Las demás máquinas deberán trabajar para que el cuello de botella no se pare, lo que obligará a aumentar el número de cambios, ya que la secuencia óptima de trabajo del cuello de botella no coincidirá con la del resto de máquinas.

La programación de las demás máquinas se realizará de forma que, en el momento en que se necesitan en la lavadora, la tela llegara con la cantidad necesaria a ésta.

4.1.3.1. Identificación de elementos DBR

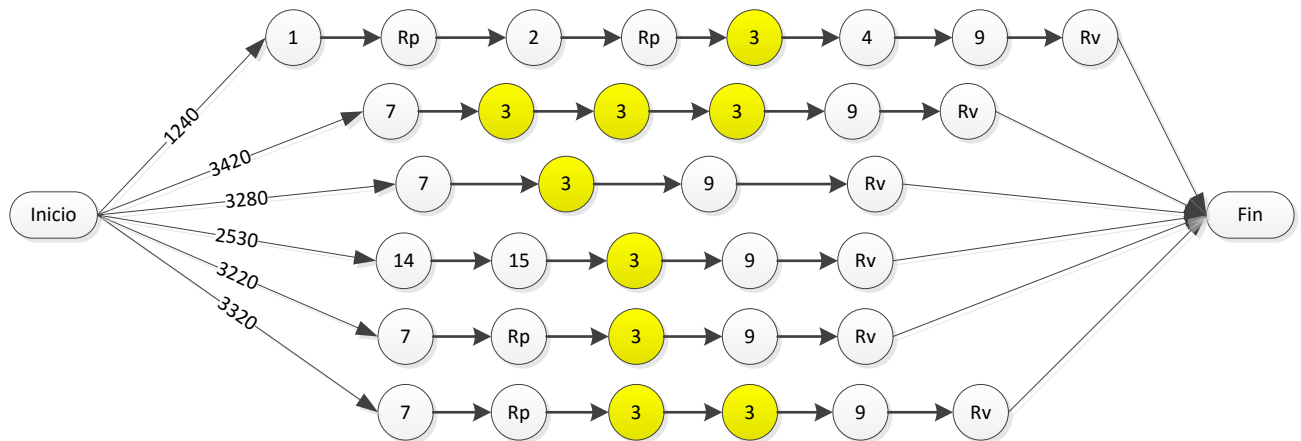
El sistema de programación desarrollado por la teoría de restricciones tiene su propio método específico: tambor-amortiguador-cuerda:

a) Tambor (Drum)

El tambor del sistema, en este caso, se refiere la lavadora que marcará el “ritmo de tambor” o ritmo de producción. Esencialmente, representa el programa maestro para la operación, el cual se enfoca alrededor de la tasa de rendimiento que define la restricción.

Se considera las rutas críticas donde intervienen el proceso del lavado en este caso se refiere a la máquina 3, quedando de la siguiente manera:

Grafico 4.14. Rutas críticas por programar



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el grafico 4.14. Existen 6 rutas donde intervienen el cuello de botella (representado por el color amarillo de la máquina número 3), las cuales serán analizadas en los pasos del DBR. Se descartan las rutas de acabado puesto que éstas no contienen ningún proceso de lavado que es precisamente el cuello de botella.

b) Amortiguador (Buffer)

Representa el aseguramiento de los recursos críticos a fin de que disponibles cuando sean requeridos.

Existen muchos tipos de amortiguadores, entre los principales tenemos:

- Amortiguador de terminación de la cadena critica la cual protege la fecha de vencimiento en la duración de actividades de la cadena crítica que en este caso será cada ruta de producción.
- Amortiguador de alimentadores de la cadena crítica que se refiere a la protección de las tareas que no son parte de la cadena critica pero que intervienen indirectamente. En este caso se

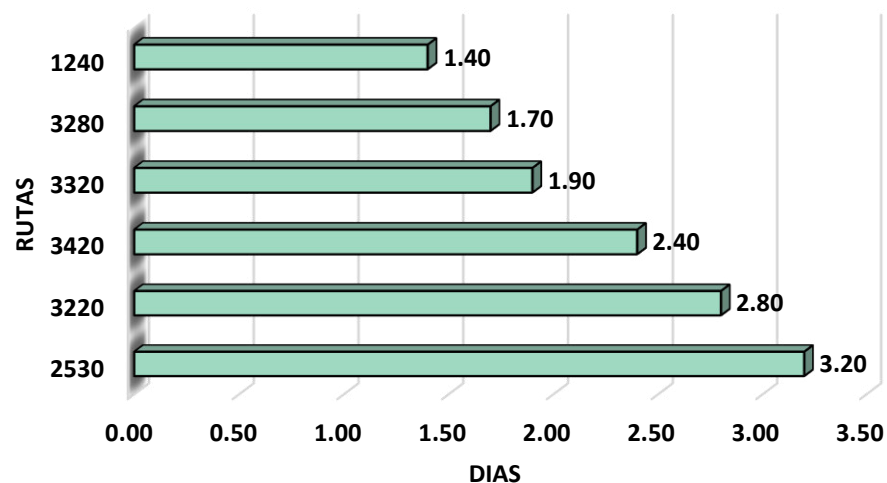
descarta este tipo de amortiguador ya que en las rutas críticas no existen actividades que formen parte de éstas, es decir que las tareas y actividades de las rutas o cadena critica son ejecutadas secuencialmente.

- Amortiguador de recursos para la cadena crítica protege la cadena crítica de retrasos por la no disponibilidad de recursos humanos o insumos, en este caso se considerará en la programación el suministro adecuado de los recursos para garantizar la productividad de la restricción.

De esta forma se protegerá al sistema contra variaciones y, por lo tanto, se evitará que la lavadora sufra perturbaciones o escasez de material.

Para poder determinar cuánto tiempo se deberá proteger en el amortiguador de terminación de la cadena crítica, primero se determinará el *lead time* que demora desde el inicio del primer proceso hasta llegar a la lavadora:

Gráfico 4.15. Días en llegar la tela a la lavadora (por ruta)

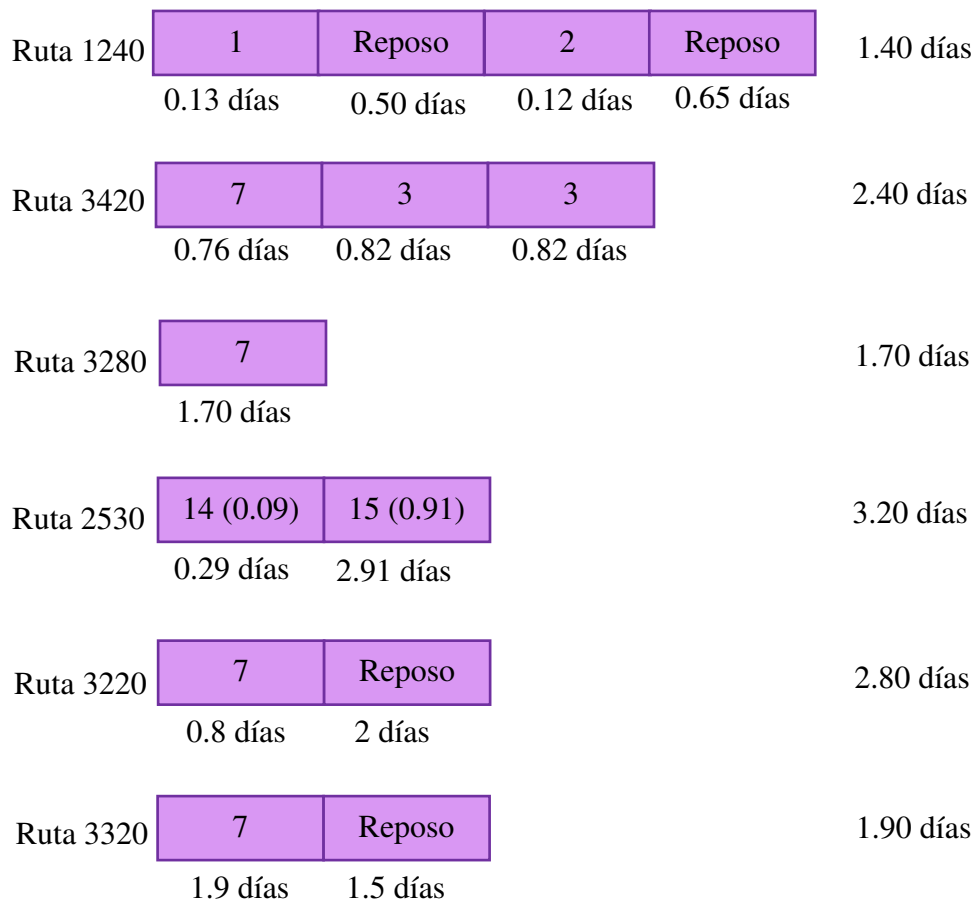


Fuente: Elaboración Propia

De las rutas seleccionadas anteriormente se determinó el Lead time de producción desde que ingresa al primer proceso hasta llegar a la restricción, teniendo un tiempo promedio de 2.23 días.

Para determinar el valor del buffer se considera todas las operaciones que se ejecutan hasta antes del tambor. De esta manera se tiene el siguiente gráfico:

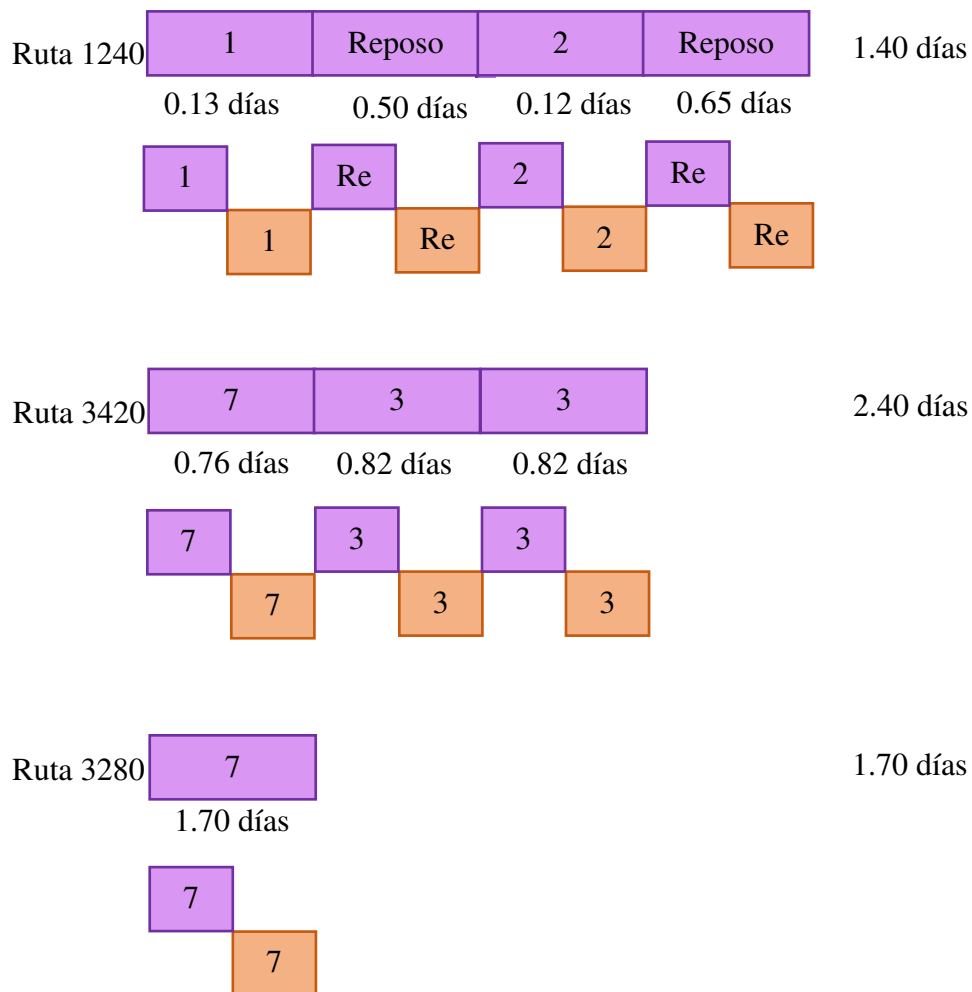
Grafico 4.16. Rutas de operaciones antes del tambor

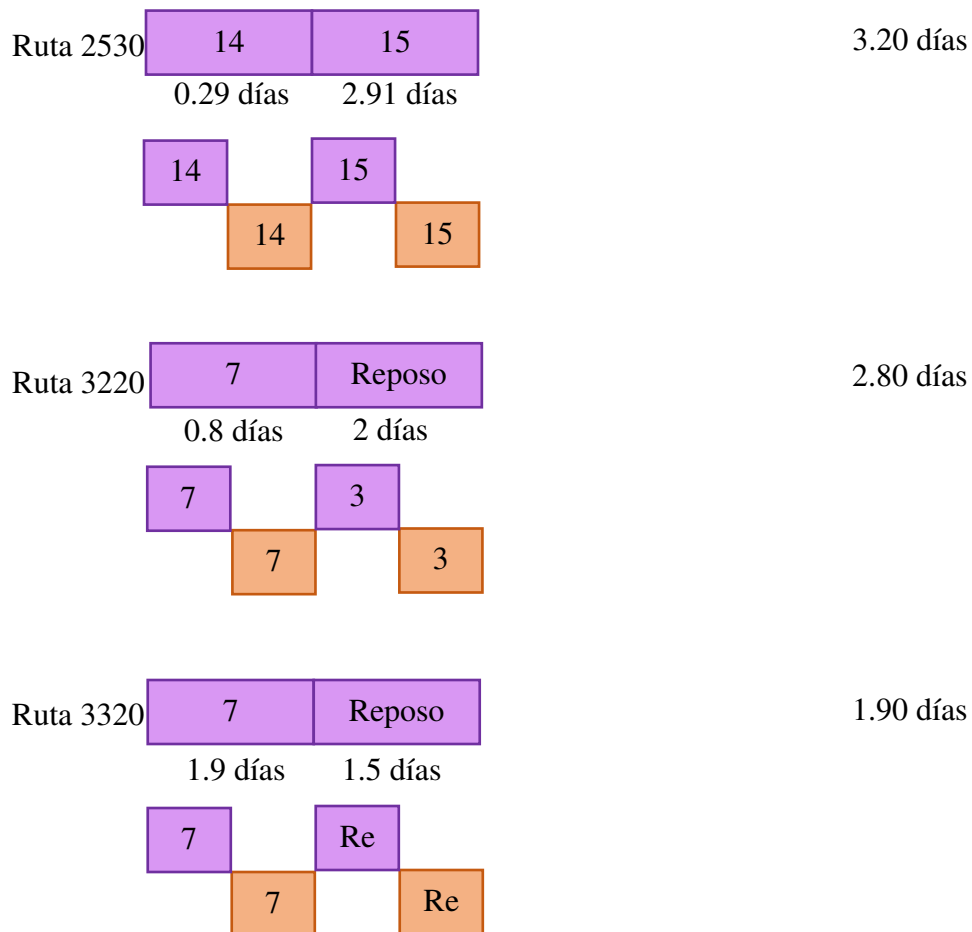


Fuente: Elaboración Propia

En el Grafico 4.16. se muestra las operaciones de producción, representados por los cuadros lila, de las rutas de procesos antes de llegar al tambor con el lead time promedio. Este lead time considera actividades inesperadas o variaciones imprevistas lo que lleva a tener tiempos altos de protección individual.

Grafico 4.17. Rutas de operaciones con protección individual



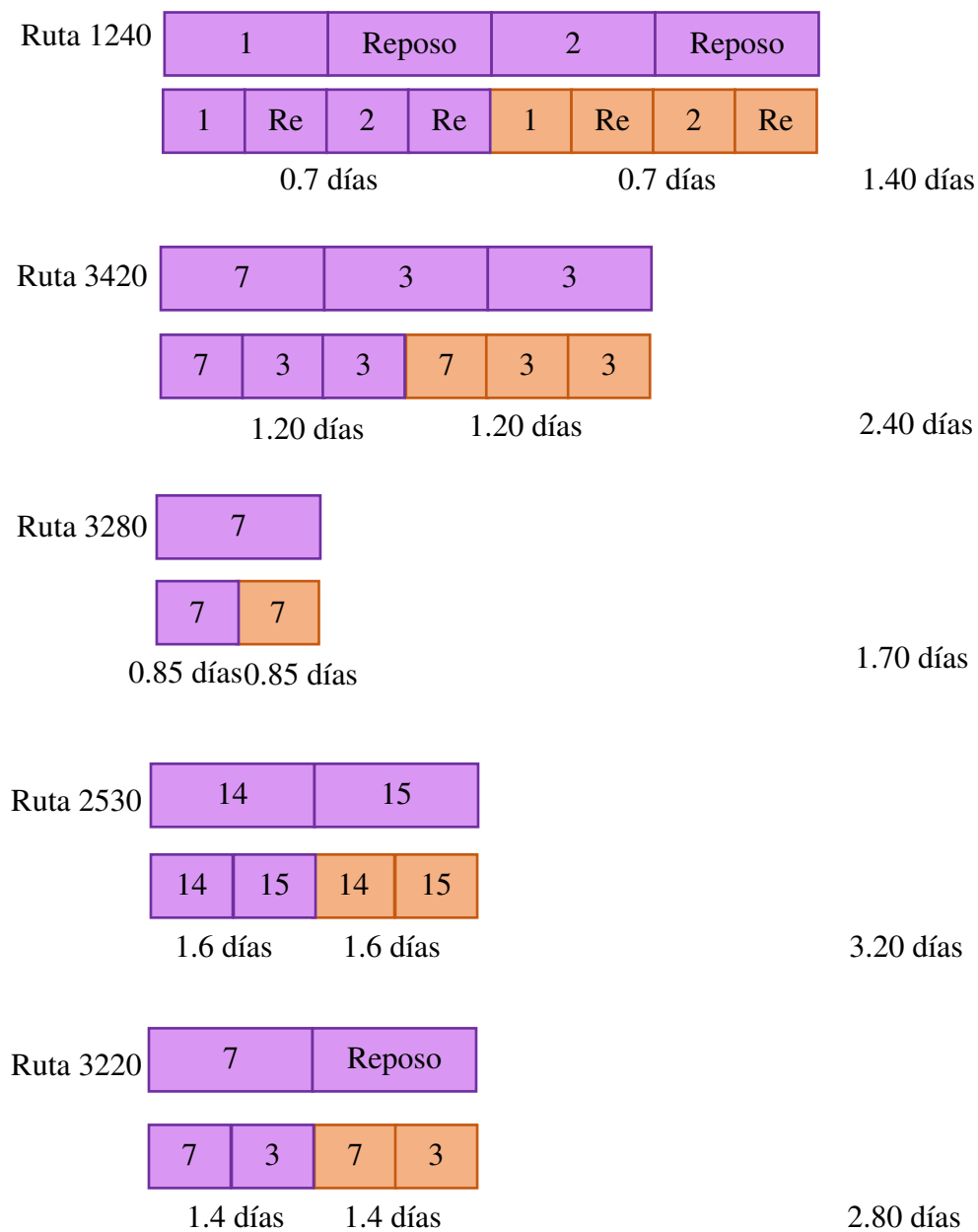


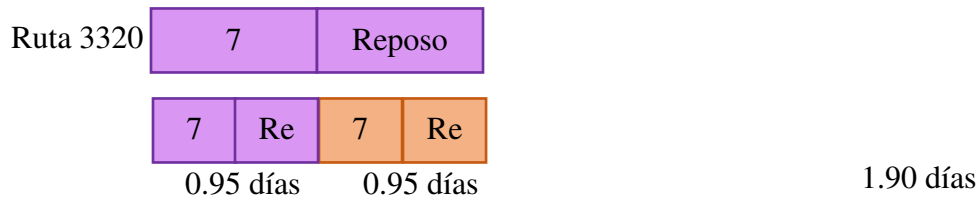
Fuente: Elaboración Propia

La protección de cada operación está representada por los cuadros naranjas que equivale al 50% del lead time de cada operación como se aprecia en el Gráfico 4.17. Entonces, si la primera operación finaliza antes de lo previsto, la segunda operación no podrá empezar antes de su programación y si la primera operación finaliza después de lo programado, dicho atraso se traslada a proceso general, puesto que la siguiente operación no puede empezar antes que haya terminado la operación anterior (la cual ya se atrasó).

Para evitar esa pérdida de tiempo, en vez de proteger a cada operación, se protegerá a todo el proceso en conjunto. Para ello se extrae el tiempo de protección individual y se asigna a una protección general del proceso.

Grafico 4.18. Rutas de operaciones con protección general

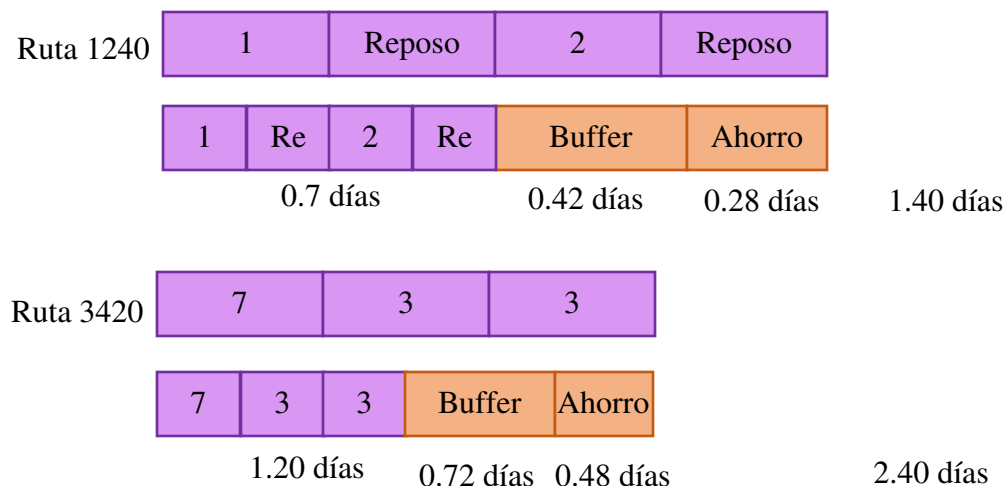


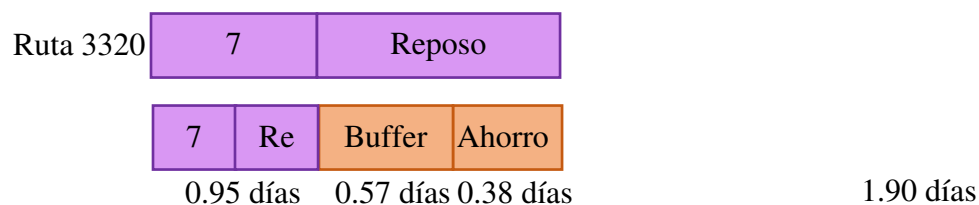
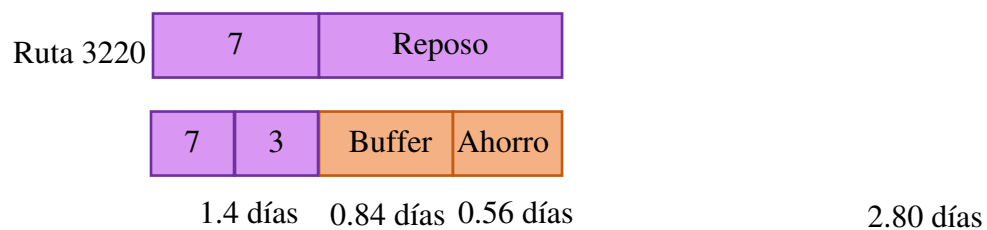
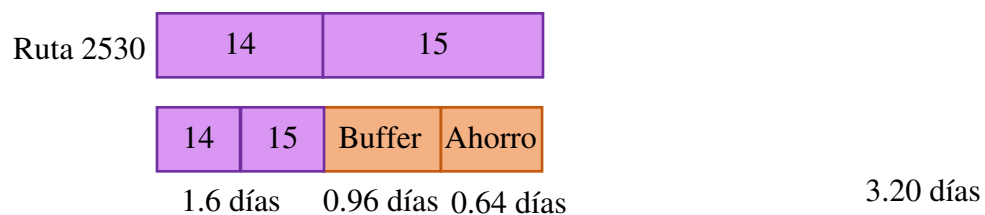
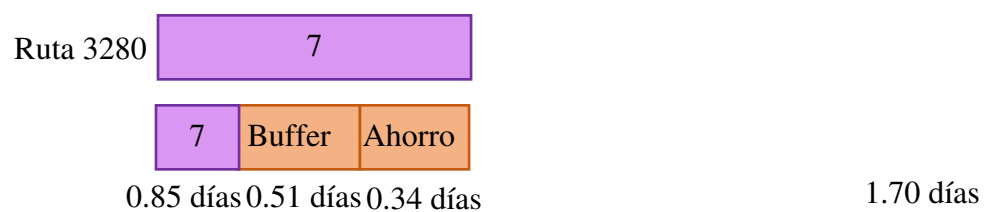


Fuente: Elaboración Propia

El nuevo lead time de las operaciones que han sido desprotegidas individualmente, como se puede observar en el grafico 4.18., asegura una probabilidad de 50% que se finalice en la fecha programada y el otro 50% que no se finalice en la fecha programada, teniendo como primera posibilidad que se culminen antes de la fecha establecida, lo cual sería lo ideal, o se culminen después de ésta, de ahí la necesidad de establecer un buffer que será 40% menos de la suma de los tiempos de protección eliminados.

Grafico 4.19. Implementación del buffer por ruta.





Fuente: Elaboración Propia

En general se tiene como buffer al 60% del tiempo de protección estimado y el 40% es el ahorro de tiempo que se obtuvo al agrupar las operaciones, esto se puede apreciar en el Gráfico 4.19.

Tabla 4.15. Resumen de buffer por rutas

Ruta	Buffer 60% (días)	Tiempo ahorrado 40% (días)
1240	0.42	0.28
3420	0.72	0.48
3280	0.51	0.34
2530	0.96	0.64
3220	0.84	0.56
3320	0.57	0.38

Fuente: Elaboración Propia

Se tiene en la tabla 4.15. El resumen de los buffers calculados, así como el tiempo ahorrado de cada ruta. Se debe saber hasta qué punto consumir estos buffers para ello se utilizará un sistema de semáforo donde indicará el porcentaje del consumo del amortiguador y se sabrá cuáles serán las prioridades a atender.

Gráfico 4.20. Consumo porcentual del amortiguador



Fuente: Elaboración Propia

En el grafico 4.20. Se puede observar el sistema de prioridades según el porcentaje consumido del amortiguador y la zona de color indicará las acciones a tomar dentro de la planificación y programación de la producción como es:

- Verde (0% - 33%) no hacer nada ya que aún el amortiguador no se consumió considerablemente, consecuentemente están en el rango aceptable.

- Amarillo (33% - 67%) es el momento exacto donde se debe planificar las acciones necesarias para poder evitar que se siga consumiendo, este rango es de alerta.

- Rojo (67% - 100%) es momento de actuar, suministrando lotes necesarios para poder procesarlos. En consecuencia, la cadena está crítica y se debe tener acciones correctivas cuanto antes posible.

c) Cuerda (Rope)

La función de la cuerda es garantizar que el inventario en proceso no crezca más de lo necesario, para ello sistematiza la velocidad de lotes de tela cruda hacia la primera operación. Es decir, se encargará de dosificar el envío de tela cruda en el tiempo preciso y con la cantidad necesaria hacia el inicio de cada operación.

4.1.4. Elevar el cuello de botella

Como último paso de la TOC se tiene la elevación del cuello de botella que hace referencia a aumentar la capacidad del cuello de botella. Esto se consigue con las mejoras planteadas anteriormente que permitieron que la máquina funcione liberadamente y a la vez se refuerza con el reajuste de los lotes de producción. Sin embargo, se deben tener las siguientes consideraciones:

- No enviar a planta lotes innecesarios, que el Drum no necesite.
- El momento del lanzamiento a planta dependerá del consumo del buffer.
- Si se envía lotes de producción demasiado tarde, genera un incumplimiento del Drum
- Si se lanza muy temprano, crecerá el lead time total, así como el inventario en proceso.

4.1.4.1.Planeamiento y Control de la Producción

En la programación de la producción se tendrá en cuenta la capacidad de procesamiento del Drum, el tiempo adecuado para el lanzamiento a cargo del Buffer y la cantidad estimada de lotes por el Rope.

Para ello se consolidará el buffer por cada ruta, esto en la siguiente tabla:

Tabla 4.16. Consumo porcentual de buffer por rutas

Ruta	Lead Time días	Total, buffer días	Lead Time horas	Total, buffer horas	0% - 33%	33% - 67%	67% - 100%
1240	0.7	0.42	16.8	10	0 – 3.3 hr.	3.4 – 6.7 hr.	6.8 – 10 hr.
3420	1.2	0.72	28.8	17	0 – 5.6 hr.	5.7 - 11.39 hr.	11.40 – 17 hr.
3280	0.85	0.51	20.4	12	0 – 3.9 hr.	4.0 – 8.0 hr.	8.1 – 12 hr.
2530	1.6	0.96	38.4	23	0 – 7.6 hr.	7.7 – 15.4 hr.	15.5 – 23 hr.
3220	1.4	0.84	33.6	20	0 – 6.6 hr.	6.7 – 13.4 hr.	13.5 – 20 hr.
3320	0.95	0.57	22.8	14	0 – 4.6 hr.	4.7 – 9.4 hr.	9.5 – 14 hr.

Fuente: Elaboración Propia

A partir de la tabla 4.15. se convierte el tiempo buffer de días en horas para poder planificar de manera más efectiva, de esta manera se tiene la tabla 4.16. Donde se establece los rangos buffer por ruta.

Luego haber delimitado por zonas, se procederá a realizar el programa de producción considerando los tiempos de protección en cada ruta principal. Para las demás rutas no será necesario ya que la protección que se le proporciona la protección individualmente y no impacta considerablemente.

Tabla 4.17. Programa de producción mensual

Porcentaje consumo	Fecha entrega	Artículo	Ruta	Lt ruta horas	Buffer horas	Fecha de ingreso programado	Fecha real de ingreso	Ingreso a lavado programado	Consumo de buffer
95%	30/03/2016	62506001	3220	33:36	20	19/03/2016 10:28	19/03/2016 11:15	20/03/2016 20:51	19:02
65%	14/04/2016	70701592	1240	16:48	10	01/05/2016 09:26	01/05/2016 11:02	02/05/2016 03:50	06:30
23%	18/04/2016	50783013	3280	20:24	12	10/04/2016 08:28	10/04/2016 11:16	11/04/2016 07:40	02:48
31%	20/04/2016	70701592	3420	28:48	17	14/04/2016 07:45	14/04/2016 11:05	15/04/2016 15:53	05:13
81%	27/04/2016	50501014	1240	16:48	10	13/04/2016 08:05	13/04/2016 10:30	14/04/2016 03:18	08:05
52%	30/04/2016	70732501	3220	33:36	20	24/04/2016 08:10	24/04/2016 10:15	25/04/2016 19:51	10:20
32%	03/05/2016	50783013	2530	38:24	23	25/04/2016 06:38	25/04/2016 08:10	26/04/2016 22:34	07:17
20%	18/05/2016	7070A278	3280	20:24	12	09/05/2016 09:55	09/05/2016 11:17	10/05/2016 07:41	02:22
78%	25/05/2016	78787025	3420	28:48	17	04/05/2016 09:30	04/05/2016 10:38	05/05/2016 15:26	13:11
51%	28/05/2016	70701592	2530	38:24	23	06/05/2016 07:40	04/05/2016 09:58	06/05/2016 00:22	11:46
43%	05/06/2016	70701591	3320	22:48	14	27/05/2016 08:35	27/05/2016 10:27	28/05/2016 09:15	05:59

Fuente: Elaboración Propia

Dentro de la programación se considera fechas programadas y fechas reales como se aprecia en la Tabla 4.17., la primera columna es la “fecha de ingreso programado” que son ingresadas diariamente al momento de la programación de acuerdo a las prioridades de fecha de entrega del artículo, que están representados en las columnas amarillas; y las segundas son ingresadas en el momento de la ejecución de la operación, están representadas por las columnas grises.

Una vez ingresado la “fecha real de ingreso” a la tintorería, la columna de “ingreso a lavado programado”, se llena automáticamente con la adición de la “fecha real de ingreso” más el “LT ruta horas” de procesos antes del cuello de botella.

Una vez cumplido la “fecha ingreso a lavado programado”, en la columna de “consumo de buffer”, inicia un contador del tiempo que va transcurriendo y este será utilizado para determinar el “Porcentaje de consumo” del buffer y tomar las acciones necesarias de acuerdo a la explicación mencionada.

CAPÍTULO 5: EVALUACION TÉCNICO - ECONOMICO

Luego de proponer acciones que permitieron solucionar problemas principales examinados en el capítulo anterior, éstas serán reflejadas en resultados tales como mejoras técnicas que a la vez disminuyeron los costos de producción.

5.1. MEDICION DE LA MEJORA IMPLEMENTADA

La metodología aplicada (TOC, sistema DBR), motivo del estudio, busca conseguir una ventaja competitiva decisiva para que la empresa provea al cliente un cumplimiento de fechas de entrega a tiempo, reducir los inventarios en proceso, incrementar la productividad y reducir los costos. Todos estos aspectos serán cuantificados técnicamente y económicamente.

5.1.1. Análisis de la eficiencia inicial

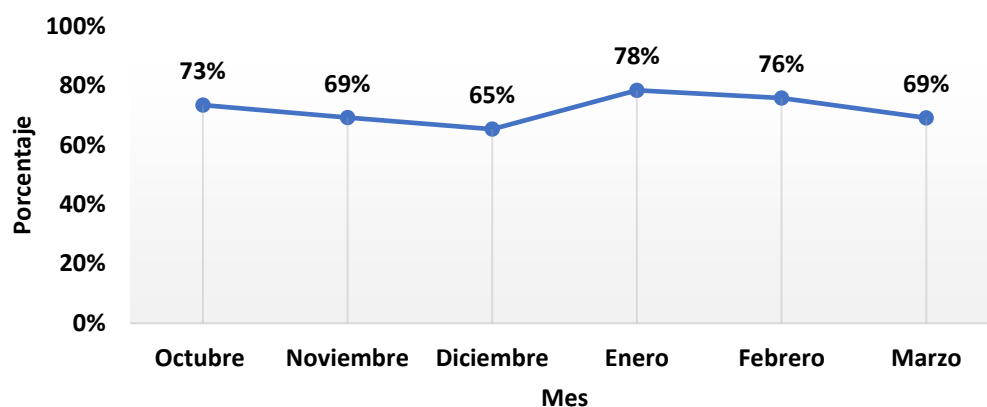
Inicialmente la lavadora se encontraba en un promedio de 72% de eficiencia. Esto obtenido de la siguiente manera:

- Eficiencia 01 de octubre:

$$Eff = \frac{1191 \text{ min}}{1440 \text{ min}} \times 100 = 83\%$$

Siendo 1191 los minutos de procesos efectivos y 1440 los minutos totales por día. De esta forma se halla las eficiencias diarias para luego obtener el promedio mensual de eficiencias, representadas en el Gráfico 5.1.

Grafico 5.1. Eficiencia de la máquina lavadora Octubre – Marzo



Fuente: Elaboración propia

En el capítulo anterior, Tabla 4.4., se menciona cuatro motivos de paro fundamentales que representa el 74.05% de la pérdida de 28% de eficiencia; para los cuales se realizó una mejora a cada uno, teniendo un resultado favorable para incrementar la eficiencia.

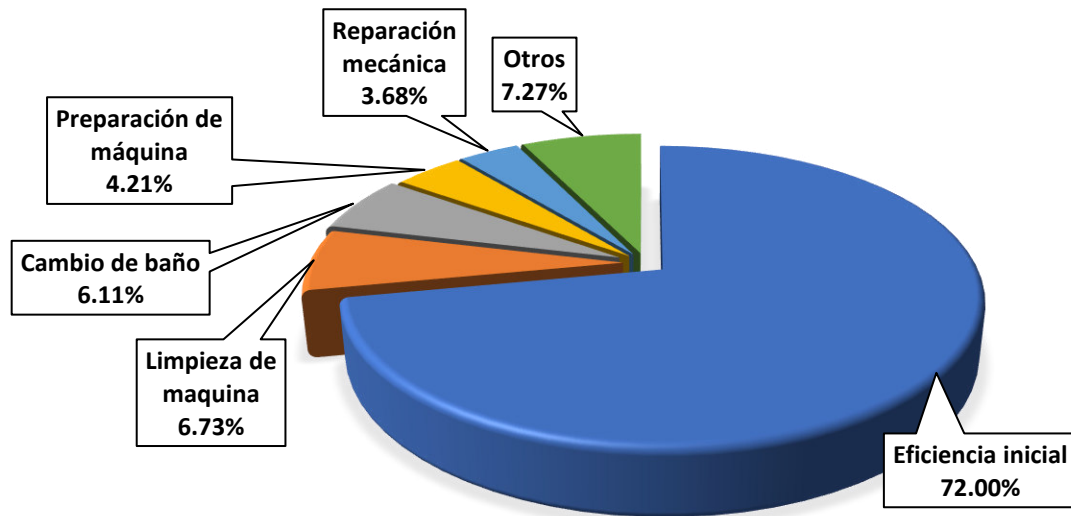
Tabla 5.1. Pérdida de eficiencia por motivo de paro

	Limpieza de máquina	Cambio de baño	Preparación de máquina	Reparación mecánica
Porcentaje de paro	24.02%	21.82%	15.05%	13.16%
Pérdida de eficiencia (28%)	6.73%	6.11%	4.21%	3.68%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 5.1. se aprecia la eficiencia perdida por cada motivo de paro. Sin embargo, estos cuatro motivos impactan en el 74.05% del paro total de la máquina, perjudicando considerablemente su funcionamiento ideal. Es decir, que, si se eliminaría o se solucionarían completamente estos problemas, la nueva eficiencia sería 92.73%, teniendo una pérdida de eficiencia de solo 7.27%.

Grafico 5.2. Línea base lavadora Octubre – Marzo



Fuente: Elaboración Propia

En este caso cada problema no se soluciona completamente, sino en cada uno se tiene un porcentaje de mejora diferente, correspondiente a cada solución implementada en el capítulo anterior.

5.1.2. Incremento de eficiencia por mejora en paro de máquina

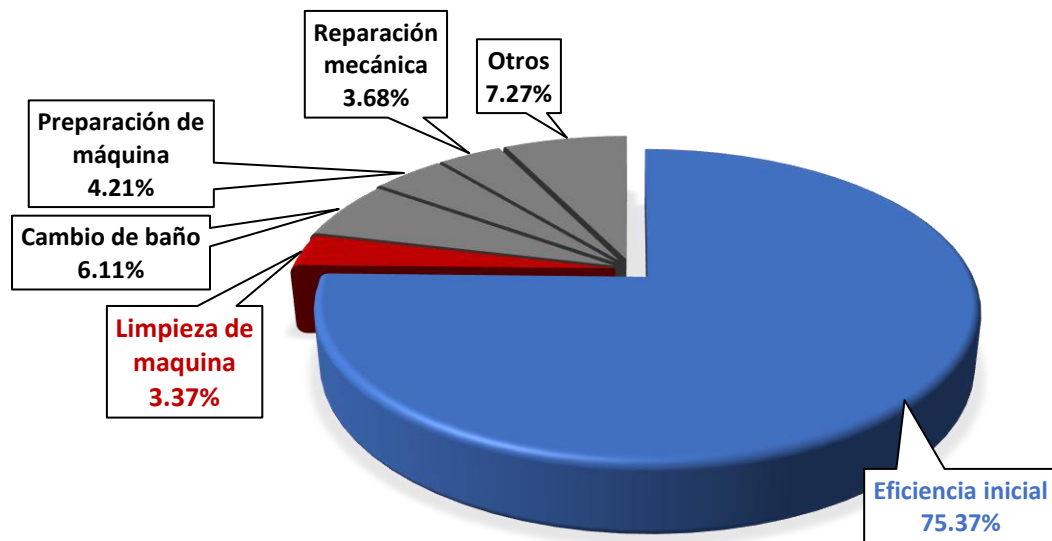
Cada motivo de paro de la Lavadora tiene una mejora implementada. Estas mejoras mencionadas se implementaron con el principal objetivo de reducir el lead time, que a la vez se refleja en el incremento de la eficiencia como se muestra a continuación:

5.1.2.1. Limpieza de máquina

La acción para reducir el paro por limpieza de máquina se enfocó en la asignación de 1 operario de la máquina Thermosol para apoyar al operario responsable de la esta operación.

Con esta mejora se logró reducir el lead time de limpieza de máquina en un 50% del tiempo que usualmente se utilizaba, teniendo un 12.01% de porcentaje de paro por este motivo.

Grafico 5.3. Reducción de porcentaje de paro por limpieza de máquina



Fuente:

Elaboración Propia

En el grafico 5.3. se muestra la reducción de lead time de limpieza de máquina a un 12.01 % de todos los motivos de paro; que a la vez representa el 3.37% del total de perdida de eficiencia.

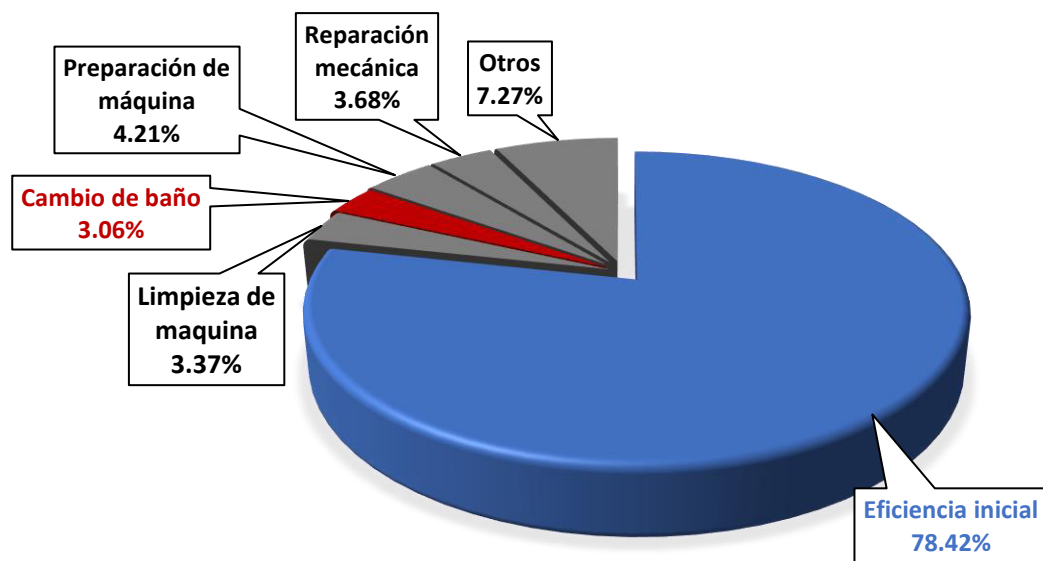
5.1.2.2. Cambio de baño

Así como en la limpieza de máquina se dispuso colocar un ayudante, esta misma persona se asignó para ser el ayudante quien suministre todos los insumos necesarios para el cambio de baño.

Se determinó colocar al mismo operario de la máquina Thermosol, tanto en la limpieza de máquina como en el cambio de baño; en primer lugar, porque el porcentaje de utilización de la Thermosol es de 0.6% (Ver Gráfico 3.13.) y finalmente porque ejecución de operaciones no se realiza en simultaneo sino secuencialmente, permitiendo que el operario de la máquina Thermosol realice sin problemas la tarea dada.

Con esta aplicación se logró reducir el lead time de cambio de baño en un 50% del tiempo que usualmente se utilizaba, teniendo un 10.91% de porcentaje de paro por este motivo.

Grafico 5.4. Reducción de porcentaje de paro por cambio de baño



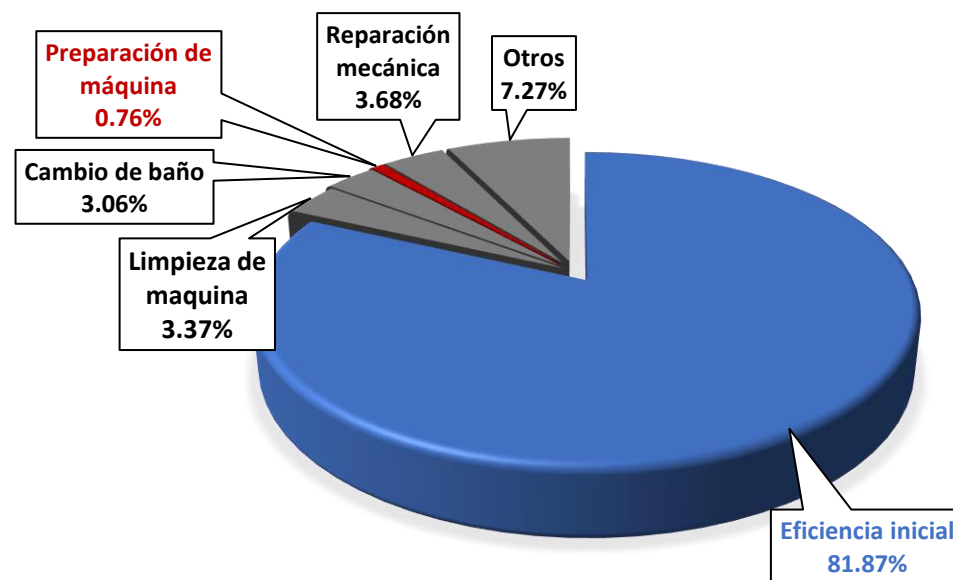
Fuente: Elaboración Propia

En el grafico 5.4. se muestra la reducción de lead time de cambio de baño a un 10.91% de todos los motivos de paro; que a la vez representa el 3.06% del total de perdida de eficiencia.

5.1.2.3. Preparación de la máquina

A diferencia de las dos implementaciones anteriores, en este caso se aplicó el método SMED como solución al problema de las horas de paro por preparación de la máquina. El objetivo de esta metodología es clasificar las actividades de la operación en actividades internas y externas, que es cuando la máquina esta parada y en uso, respectivamente, luego se transforma las actividades externas en internas. La aplicación de este método tiene como resultado una reducción del 82% del lead time, representando 2.7% de porcentaje de paro por este motivo.

Grafico 5.5. Reducción de porcentaje de paro por preparación de la máquina



Fuente: Elaboración Propia

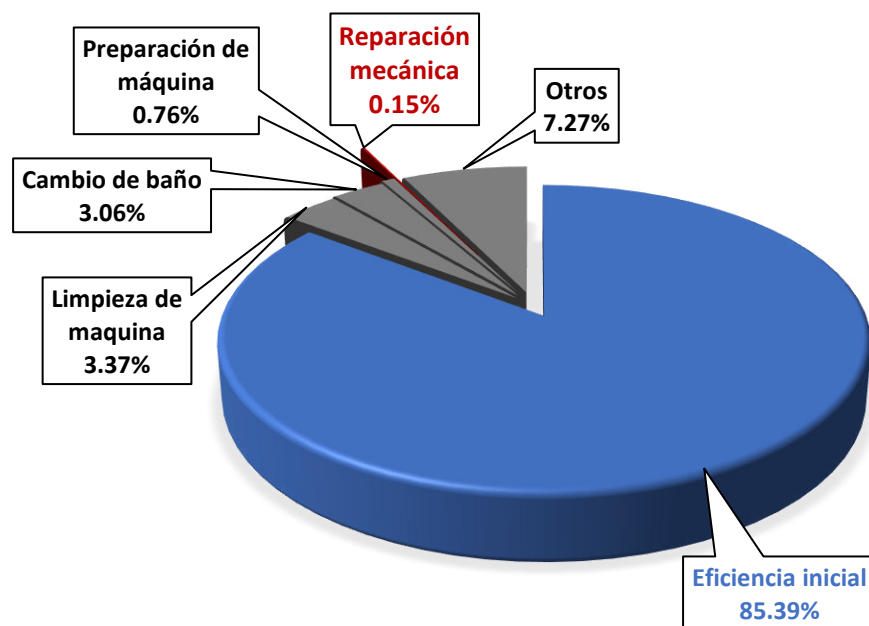
En el gráfico 5.5. se observa que existe una reducción de porcentaje de paro por preparación de máquina considerable, habiendo un 81.87% de aumento en la eficiencia de la máquina en un 3.45% respecto a la última lectura de eficiencia.

5.1.2.4. Reparación mecánica

Para la reducción del lead time de reparación mecánica, se dispuso asignar a 2 mecánicos adicionales y luego diseñar un plan de mantenimiento preventivo mediante varias consideraciones establecidas.

El objetivo del plan de mantenimiento es aumentar al máximo la disponibilidad de la máquina y su durabilidad. El resultado que se tuvo es la reducción del lead time en 96% del tiempo que usualmente se utilizaba.

Grafico 5.6. Reducción de porcentaje de paro por reparación mecánica



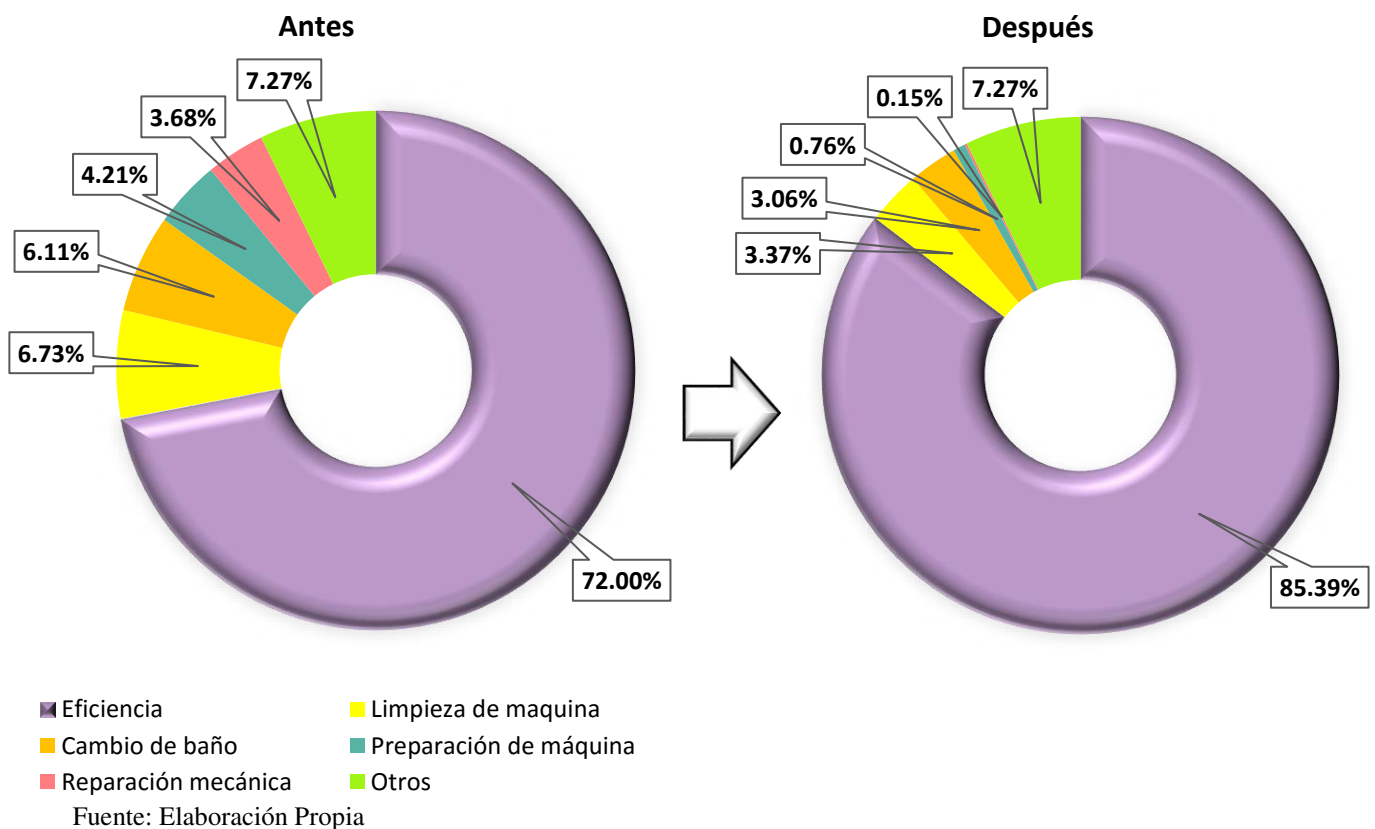
Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico 5.6. se observa que existe una reducción de porcentaje de paro por preparación de máquina considerable, habiendo un 85.39% de aumento en la eficiencia de la máquina en un 3.53% respecto a la última lectura de eficiencia.

5.1.2.5. Resumen de incremento de eficiencia

Luego de cuantificar el resultado de cada mejora implementada, se procede a realizar el resumen del incremento de eficiencia para tener una visión general de lo que implicó mejorar cada punto crítico.

Grafico 5.7. Comparación de eficiencias

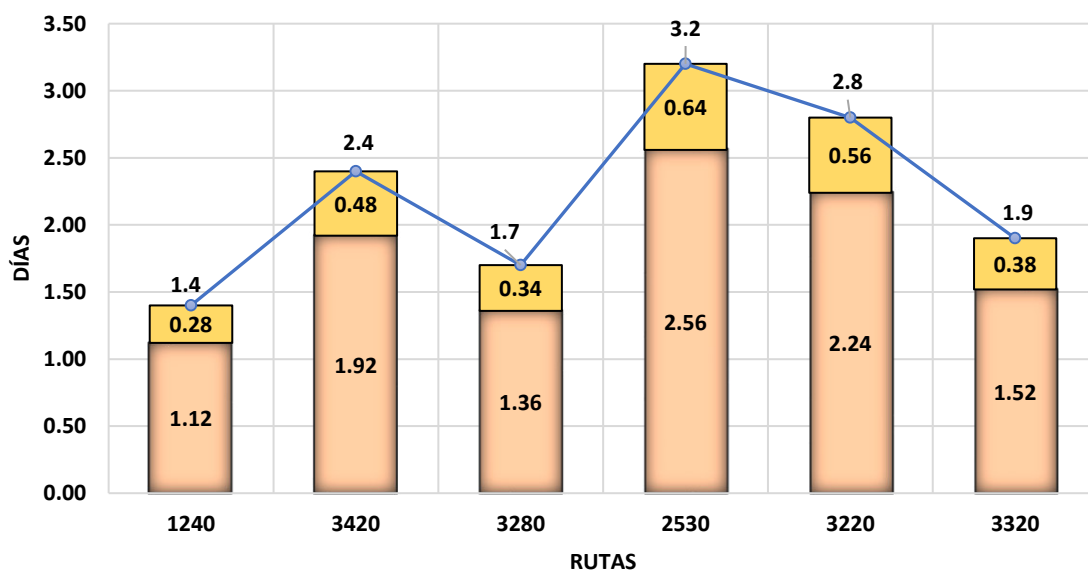


En el gráfico 5.7. se aprecia el incremento de eficiencia de 72% que se tenía al inicio a un 85.39% luego de la implementación de las mejoras, incrementándose en un 13.39%. Esta mejora cumple el segundo paso de la teoría de restricciones - la explotación de cuello de botella - puesto

que, se implementaron muchas propuestas que permitieron optimizar al máximo el uso de la restricción y este tiempo ganado que se logró reducir, también será ganado por todo el sistema de producción.

Luego de haber incrementado la eficiencia como optimización del uso de la lavadora, se analizó el sistema de forma general, donde se reveló que, en cada proceso productivo, se tenía un amortiguador como protección de la fecha de vencimiento de la duración de cada proceso. Como se tenía una protección para cada proceso, el lead time general del sistema era demasiado elevado; para ello se sintetizó el lead time en uno general.

Grafico 5.8. Reducción del lead time de producción



Fuente: Elaboración Propia

En cada ruta de proceso se tiene una reducción del 40% del buffer total. En el Gráfico 5.8. se muestra con líneas azules el lead time inicial más el buffer inicial de cada proceso, con color naranja el lead time con el buffer reducido y con amarillo, el ahorro del buffer.

A continuación, se presenta el resumen de la reducción en cada ruta:

Tabla 5.2. Comparación de lead time de buffers (días)

Ruta	Antes	Después	Tiempo ahorrado
1240	0.70	0.42	0.28
3420	1.20	0.72	0.48
3280	0.85	0.51	0.34
2530	1.60	0.96	0.64
3220	1.40	0.84	0.56
3320	0.95	0.57	0.38

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 5.9. se muestra la reducción de cada ruta de proceso. Si bien es cierto, el tiempo reducido es relativamente poco, este tiempo es descontado en cada lote de tela que pase por cada una de estas rutas.

5.2. ANALISIS DE COSTOS

Seguidamente, los cambios implementados que se redujeron en cada paso del TOC, técnicamente, éstas serán representadas y cuantificadas en costos.

5.2.1. Costo de manufactura proyectado

El incremento de la eficiencia se refleja en la producción de más lotes que se puede realizar en el mismo tiempo. Asimismo, la reducción de insumos, tiempo, energía e inventarios de materia prima que influirá a la reducción del costo de manufactura y esto se proyectará anualmente para poder ver el ahorro obtenido.

En el tercer capítulo se mencionaron cuentas contables que influenciaron en la obtención del costo de manufactura unitario:

Tabla 3.10. Informe de Costos de Manufactura mensual

DESCRIPCIÓN DE CUENTA	VALOR MENSUAL (Soles)		
Inventario inicial de materias primas	(+)	S/. 86,073.14	
Compras	(+)	S/. 412,536.00	
Inventario final de materias primas	(-)	S/. 26,600.00	
Costo de Materias Primas	(+)		S/. 472,009.14
Mano de Obra Directa	(+)		S/. 24,480.08
Mano de obra indirecta	(+)	S/. 36,720.12	
Envases y embalajes	(+)	S/. 9,408.22	
Energía eléctrica	(+)	S/. 54,070.50	
Combustible (gas)	(+)	S/. 24,327.56	
Depreciación de equipos de planta	(+)	S/. 38,136.00	
Compensación por años de trabajo	(+)	S/. 13,393.33	
Otros gastos	(+)	S/. 8,036.00	
CIF	(+)		S/. 184,091.73
Costo de Manufactura			S/. 680,580.95

Fuente: Elaboración propia
Empresa

Cada una de las cuentas contables se clasifica si son fijos o variables para saber cuáles se modificarán de acuerdo a la producción. También se analiza si los cambios realizados influenciaron en alguna reducción de costos (si es que hubiera).

Tabla 5.3. Descripción de variación de costos

Cuentas	Tipo de costo	Descripción de variación
<i>Inventario inicial de materias primas</i>	CV	Se redujo debido a la utilización de la materia prima
<i>Compras</i>	CV	Aumentó la compra de materia prima debido al incremento de la eficiencia que demanda mayor material
<i>Inventario final de materias primas</i>	CV	Se redujo ya que se tiene mayor producción que demanda mayor utilización de materia prima e insumos
<i>Mano de obra indirecta</i>	CF	No varía puesto que solo hubo cambios internos del personal
<i>Envases y embalajes</i>	CV	Este costo también se incrementó ya que es complementario a la materia prima y también la demanda es alta
<i>Energía eléctrica</i>	CV	No varía ya que las máquinas siguen funcionando normalmente
<i>Combustible (gas)</i>	CV	No varía ya que las máquinas siguen funcionando normalmente
<i>Depreciación de equipos de planta</i>	CF	No varía por ser costo fijo
<i>Compensación por años de trabajo</i>	CF	No varía por ser costo fijo
<i>Otros gastos</i>	CMixto	Se incrementó debido a las capacitaciones e inducciones para poder cambiar el método de trabajo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5.3. se especifica cada motivo de reducción o incremento en cada cuenta debido a las implementaciones de las mejoras mencionadas. Adicionalmente se verifica el incremento de la producción teniendo en cuenta que la eficiencia se incrementó en un 13.39%.

Tabla 5.4. Informe de costos de manufactura mensual proyectado

DESCRIPCIÓN DE CUENTA	TIPO DE COSTO	VALOR MENSUAL (Soles)		
Inventario inicial de materias primas	CV	(+)	S/. 25,270.00	
Compras	CV	(+)	S/. 462,452.86	
Inventario final de materias primas	CV	(-)	S/. 19,872.00	
Costo de Materias Primas	CV	(+)		S/. 467,850.86
Mano de Obra Directa	CV	(+)		S/. 24,480.08
Mano de obra indirecta	CF	(+)	S/. 36,720.12	
Envases y embalajes	CV	(+)	S/. 10,631.29	
Energía eléctrica	CV	(+)	S/. 54,070.50	
Combustible (gas)	CV	(+)	S/. 24,327.56	
Depreciación de equipos de planta	CF	(+)	S/. 38,136.00	
Compensación por años de trabajo	CF	(+)	S/. 13,393.33	
Otros gastos	CMixto	(+)	S/. 8,839.60	
CIF	CMixto	(+)		S/. 186,118.40
Costo de Manufactura				S/. 678,449.33

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5.4. se muestran los costos que intervienen en el cálculo del nuevo costo de manufactura. En este caso se puede ver que existe una reducción del costo de manufactura unitario de S/. 680,580.95 a S/. 678,499.33, generando un ahorro S/. 2,131.62 mensuales.

Adicionalmente se tiene la nueva producción mensual incrementado en los 13.39% de eficiencia.

$$CM_u = \frac{\text{Costo de manufactura S/.}}{\text{Producción mensual (metros)}}$$

$$\text{Antes}$$

$$CM_u = \frac{680,580.95 \text{ S/.}}{482,233 \text{ m}}$$

$$CM_u = 1.41 \frac{\text{S/.}}{\text{m}}$$

$$\text{Después}$$

$$CM_u = \frac{678,449.33 \text{ S/.}}{571,914.94 \text{ m}}$$

$$CM_u = 1.19 \frac{\text{S/.}}{\text{m}}$$

El nuevo costo unitario de manufactura se redujo en S/.0.22 del costo inicial. Asimismo, el costo de manufactura se proyecta en un período anual teniendo un ahorro de S/. 25,579 anualmente.

5.3. RESUMEN DE RESULTADOS

Como parte final se tiene el resumen de los resultados tanto técnicamente como económicamente.

Tabla 5.5. Comparativo de resultados técnicos

	Antes	Después	Variación
Eficiencia	72.00%	85.39%	13.39% ↑
Lead time de buffer (promedio)	1.12 días	0.67 días	0.45 días ↓
Producción	482,233.00 metros	571,914.94 metros	89,681.94 ↑ metros

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5.5. se tiene la variación de resultados técnicos luego de la implementación de las mejoras teniendo incrementos en la eficiencia y producción como reducción en el lead time.

Tabla 5.6. Comparativo de resultados económicos

	Antes	Después	Variación mensual	Proyección anual
Costo de manufactura unitario	$\frac{S/.}{m}$ 1.41	$\frac{S/.}{m}$ 1.19	$\frac{S/.}{m}$ 0.22	$\frac{S/.}{m}$ 2.64
Costo materia prima	S/. 472,009.14	S/. 467,850.86	S/. 4,158.28	S/. 49,899.36
Costo de manufactura	S/. 680,580.95	S/. 678,449.33	S/. 2,131.62	S/. 25,579.44

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en la tabla 5.6. se muestra la comparación de la reducción de costos antes de la implementación como después de ésta así se tiene una variación mensual que se proyecta anualmente.

CONCLUSIONES

1. Aplicando correctamente el procedimiento de la teoría de restricciones, se logra elevar la eficiencia hasta en 13.39%.
2. La teoría de restricciones busca gestionar de manera óptima y sistémica el flujo de producción de la empresa según su capacidad permitiendo implementar un modelo de mejora continua.
3. Para poder eliminar un problema de raíz es necesario encontrar las causas principales que tienen un impacto en el 80% de todo el problema de esta manera las propuestas se enfocan de darle solución inmediata.
4. El principal cambio dentro en una empresa inicia con la identificación de los trabajadores con la misma y por consecuencia todos tendrán el mismo objetivo: mejora continua.
5. La aplicación de esta metodología no es restrictiva al tamaño de la empresa, por el contrario, se puede aplicar en diferentes empresas al margen de su naturaleza, negocios o en la vida cotidiana.
6. Las estaciones de reposo son procesos no productivos que se consideran para poder identificar al cuello de botella ya que podrían generar elevados inventarios en proceso si es que no se tiene un correcto control en la programación de la producción.

RECOMENDACIONES

1. Para el levantamiento de información es necesario extraer los datos de una fuente directa ya que, si se extraen de otra, pueden ser datos incorrectos que alterarían completamente el resultado del estudio.
2. Se recomienda a todos los colaboradores de la empresa mantener los cambios realizados puesto que cada uno genera un aporte para crear una cultura de mejora continua.
3. Es fundamental el respaldo de los directivos para poder realizar implementaciones que en ocasiones pueden ir en contra de los pensamientos o creencias de los operarios con mayor antigüedad generando rechazo al cambio.
4. Se recomienda realizar registros, manuales de funciones y procedimientos de trabajo a fin de que los cambios realizados continúen vigentes a lo largo del funcionamiento de la empresa y de esta manera los trabajadores puedan interiorizar esta filosofía.
5. Se recomienda realizar capacitaciones continuas o publicidad interna acerca de la mejora continua, de esta forma los trabajadores se informarán y motivarán para aplicarlos dentro de sus áreas de trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Bolsa de Valores de Lima (2016). Memoria Creditex S.A.A. Lima.
<http://www.bvl.com.pe/hhii/B30060/20170224200601/CREDITEX32S.A.A.45MEMORIA322016.PDF>
- 2) Camins OpenCourseWare (2012-13). 2.5 Cadena Crítica.
https://portal.camins.upc.edu/materials_guia/250441/2012/Cadena%20critica.pdf
- 3) Chapman, Stephen N. (2006). Planificación y Control de la Producción. Pearson Educación.
- 4) Dilworth, J. B. (1993). Production and Operations management. McGraw-Hill.
- 5) Goldratt, E. (1981). The unbalanced plant. 24th APICS Conference Proceedings.
- 6) Goldratt, E. (1986). La Meta: Un proceso de Mejora Continua. Taular.
- 7) Goldratt, E. (1990). Theory of Constraints. North River Press Publishing Corporation.
- 8) Goldratt, E. (1997). Critical Chain. North River Press Publishing Corporation.
- 9) Kume, Hitoshi (2002). Herramientas Estadísticas Básicas para el Mejoramiento de la Calidad. Bogotá: Norma.
- 10) Niebel, Benjamin W. (2004). Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo. México: Alfaomega.
- 11) Oficina Internacional del Trabajo (1980). Introducción al estudio del trabajo. Ginebra.
- 12) Santos García, Javier. (2007). Organización de la Producción II, planificación de procesos productivos. España: Unicopia
- 13) Shingo, Shingeo. (1989). El sistema de producción TOYOTA desde el punto de vista de la ingeniería. Madrid: Productivity Press